Tiberius Cavallo's

ausführliches Handbuch

der

Experimental-Naturlehre

in ihren

reinen und angewandten Theilen.

Aus dem Englischen

mit Anmerkungen

von

D. Johann Bartholomä Trommsdorff.

Professor der Chemie auf der Universität zu Erfurt, wie auch Apotheker daselbst, und mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitglied.

Dritter Band.

Mit 5 Kupfertafeln.

Erfurt,

in der Hennings'schen Buchhandlung 1805.

Bayerische Staatsbibliothek München

<366365210100 10

Bayer. Staatsbibliothek

Physic. gen. 4477
65 (3/4

Physica. systemata & methodi 195.

R

Tiberius Cavallo's

ausführliches Handbuch

der

Experimental-Naturlehre

in ihren

reinen und angewandten Theilen.

Aus dem Englischen

mit Anmerkungen

von

D. Johann Bartholomä Trommsdorff.

Professor der Chemie auf der Universität zu Erfurt, wie auch Apotheker daselbst, und mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitglied.

Dritter Band.

Mit 5 Kupfertafeln.

Erfurt,

in der Hennings'schen Buchhandlung 1805.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Von dem Wärmestoff, oder dem Grundstoff, welcher die Erscheinungen der Hitze, des Feuers u. s. w. hervorbringt Seite 5

Erstes Kapitel.

Theorie der Wärme 6

Zweytes Kapitel.

Von dem Thermometer u. der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung der Körper. 14

Drittes Kapitel.

Von der Kapacität der Körper für den Wärmestoff, und von ihrem specif. Wärmestoff. 63

Viertes Kapitel.

Von der Hervorbringung, der Mittheilung und der Anwendung der Wärme und Kälte. 85

Zweyter Abschnitt.

Grundsätze der Optik, oder von dem Lichte, den Farben und dem Gesichte. 129

Erstes Kapitel.

Von der Natur des Lichts überhaupt 130

Zweytes Kapitel.

Von der Katoptrik. 141

Drittes Kapitel.

Von der Dioptrik. 164

Viertes Kapitel.

Von der Beugung des Lichts, den Farben dünner durchsichtiger Körper, und von den Farben überhaupt 193

Fünftes Kapitel.

Von den Linsen und ihren Wirkungen 209

Sechstes Kapitel.

Von dem Auge und dem Sehen 232

Siebentes Kapitel.

Beschreibung der vorzüglichsten optischen Instrumente. 264

Ausführliches Handbuch

der

Experimental-Naturlehre

in ihren reinen und angewandten Theilen.

Dritter Band.

Experimental-Naturlehre.

Unsre Kenntniß von den verschiedenen Grundstoffen natürlicher Körper erstreckt sich nicht weiter als bis auf ihre auffallendsten Wirkungen. Die Aehnlichkeit einiger dieser Wirkungen und die Unähnlichkeit anderer zeiget uns, daß jene Grundstoffe verschiedene ihnen besonders oder ausschließlich zukommende Eigenschaften besitzen, und dies setzt uns in den Stand gewisse allgemeine Regeln aufzustellen, die wir Naturgesetze nennen. Daraus folgt also, daß alles, was wir in Ansehung des wesentlichen oder einfachen Zustandes jener Grundstoffe sagen können, auf bloßen Vermuthungen und Hypothesen beruht. Indessen macht doch die mehr bestimmte Natur einiger derselben unsre hypothetische Kenntniß von dem Wesen dieser wahrscheinlicher und weniger zweydeutig, als es in Ansehung anderer Grundstoffe der Fall ist.

Von diesen überhaupt sind besonders viere, wegen ihrer bewundernswürdigen Wirkungen und ihres ausgebreiteten Einflusses, einer genaueren Untersuchung unters

worfen worden. Sie sind: Wärmestoff, Licht, Elektricität und Magnetismus, und die Darlegung der vornehmsten Eigenschaften dieser natürlichen Agentien, die Angabe der wahrscheinlichsten Meinungen von dem Wesen derselben und die Aufzählung der wichtigsten Vortheile, die sie uns gewähren, das wird den Inhalt des gegenwärtigen oder dritten Theils dieser Experimental-Naturlehre ausmachen. Er wird daher in vier Abtheilungen zerfallen, von denen jede, in so weit es mit Deutlichkeit und körnichter Kürze bestehen kann, wieder so viel Kapitel enthalten wird, als es die Natur des jedesmaligen Gegenstandes erfordert.

Erster Abschnitt.

Von dem Wärmestoff oder von dem Grundstoff, welcher die Erscheinungen der Hitze, des Feuers u. s. w. hervorbringt.

Es ist zwar schon in dem vorhergehenden Bande, in welchem die Natur der Verwandtschaften der verschiedenen Grundstoffe zu einander kurz erläuteet wurde, ein allgemeiner Begriff von dem Grundstoffe, welcher die Ursache der Wärme u. s. w. ist, gegeben worden, demohngeachtet aber kann ich es nicht vermeiden, im folgenden einige von den besondern Umständen zu wiederholen, deren bereits ist erwähnt worden, allein da dies mit der möglichsten Kürze geschehen und diese Wiederholung auch zugleich die Sache deutlicher machen wird, so glaube ich, daß dies dem Leser einen hinreichenden Ersatz für die Mühe gewähren wird, einige Sätze zum zweitenmale durchlesen zu müssen.

Erstes Kapitel.

Theorie von der Wärme, oder die allgemeinen Wirkungen einer Wärme erzeugenden Flüssigkeit.

Wenn man sich einem gewöhnlichen Feuer nähert, so bekömmt man eine Empfindung welche Wärme genannt wird; entfernt man sich von dem Feuer und nähert sich dargegen einem Klumpen Eis, so bekömmt man eine andere Empfindung, die man Kälte nennt. Indessen wird man bey einer genaueren Untersuchung finden, daß die Worte hitzen und kälten oder Hitze und Kälte nur relative Ausdrücke sind, indem ein und derselbe Körper dem einen warm, einem anderen aber kalt, oder auch selbst einer und derselben Person heiß und kalt vorkommen kann. Man lasse zum Beispiel jemanden die eine seiner Hände an einem Feuer erwärmen, die andere aber in Schnee abkühlen, und dann beyde Hände in Wasser von mittlerer Temperatur stecken, so wird einerley Wasser ihm an der einen Hand die Empfindung von Kälte, an der anderen aber, die Empfindung von Hitze verursachen.

Es ist unmöglich einen bestimmteren Begriff oder eine genauere Beschreibung von diesen Empfindungen zu geben, als durch die gewöhnliche Bedeutung jener

Worte selbst ausgedrückt wird. In Ansehung der durch die Annäherung zu einem Feuer oder zum Eise hervorgebrachten sichtbaren Wirkungen aber, oder in Ansehung der verschiedenen Grade von Wärme und Kälte, läßt sich eine bestimmtere Antwort geben, indem man nemlich sagen kann: daß alle Wirkungen der Wärme auf eine Vergrösserung des Volumens oder auf eine Trennung der Theile aller Arten von Körpern, und im Gegentheile alle Wirkungen der Kälte auf eine Zusammenziehung des Volumens, oder eine gegenseitige Annäherung der Theile aller Arten von Körpern reduzirt werden können.

Der menschliche Körper und jeder Theil eines thierischen Körpers, ein Stein, ein Stück Metall oder Glas, kurz jeder Körper, er sey nun fest oder flüssig, wird größer wenn er erwärmt wird und kleiner durch das Erkalten, aber verschiedene Körper werden durch einerley Grad der Wärme mehr oder weniger expandirt oder ausgedehnt und durch einerley Grad der Kälte mehr oder weniger zusammengezogen. Aber Körper werden durch einerley Grade der Wärme oder Kälte nicht nur verschieden ausgedehnt oder zusammen gezogen, sondern sie bekommen auch dadurch verschiedene Formen oder Gestalten. So wird zum Beyspiele, ein Stück Eis, das bis zu einem gewissen Grade erwärmt wird, in fließendes Wasser verwandelt; durch eine Vermehrung der Wärme, wird das Volumen des Wassers vergrößert und nach einer gewissen Zeit wird das Wasser eine elastische Flüssigkeit, nemlich Dampf. Wird nun die Wärme noch mehr vermehrt, so wird dieser Dampf immer größer und wir kennen die Grenzen nicht, bis zu denen er sich ausdehnen kann. Die Kälte nun bringt in eben der Ordnung die entgegengesetzten Wirkungen hervor, nemlich eine Dampfquantität wird dadurch immer kleiner an Um-

fang, bis sie flüssiges Wasser wird und endlich wird das Wasser ein fester Körper, nemlich: Eis.

Daß das erwähnte Gesetz auch für den umgekehrten Fall gelte, ist ziemlich befriedigend durch Versuche bewiesen worden, nemlich: daß wenn eine gewisse Substanz in einen engeren Raum zusammengedrückt wird, ihr eine Quantität von Wärme entgehen und den sie umgebenden Körpern mitgetheilt werden wird und daß im Gegentheil, wenn eine gewisse Substanz in einen größeren Raum ausgedehnt wird, sie eine Quantität Wärme von den sie umgebenden Körpern absorbirt oder einschluckt, indem diese dadurch kalt werden. Wenn man, zum Beyspiele, seine Hand naß macht und sie darauf der freyen Luft aussetzt, so schluckt das Wasser, indem es sich selbst zu Dunst ausdehnt, eine Quantität Wärme von der Hand ein, und diese wird dadurch fühlbar kalt. Wenn Luft, die durch Kunst in einem starken Gefäße zusammengepreßt worden, durch eine Oefnung aus demselben herausgelassen wird, so wird sie, indem sie sich expandirt, eine Quantität von Hitze einschlucken. Wenn ein Stück Metall zusammengepreßt wird, so entsteht Hitze. Wenn Wasserdunst verdichtet wird, so wird auf den Körpern, die mit ihm in Berührung kommen, Wärme abgesetzt.

Der Zutritt von Hitze vermindert die gegenseitige Anziehung, oder die zusammenhäufende Anziehung der Theilchen der Materie, indem sie diese von einander entfernt, wovon die Folge ist, daß ihre Anziehung gegen andere Körper, also die Verwandtschaftsanziehung, stärker wird. Daher bewirkt die bis zu einem gewissen Grade getriebene Erhitzung Zersetzungen und Zusammensetzungen, die man überhaupt Verbrennungen genannt hat. Haben aber die erhitzten Substanzen keine

solche Verwandtschaften, oder sind sie nicht stark genug erhitzt worden, um ihre Verwandtschaften so thätig oder wirksam zu machen, daß sie Zersetzungen und neue Verbindungen bilden können, dann nennt man die Veränderung welche die Substanzen erfahren haben, nicht eine Verbrennung, sondern man sagt von ihnen, daß sie erhitzt, oder verdünnt, oder glühend das heißt rothglühend gemacht, oder erweicht, oder flüssig gemacht, oder verdunstet u. s. w. worden, je nach dem nemlich eine von diesen Wirkungen hervorgebracht oder bewirkt worden ist.

Die Wärme durchdringt Körper von allen Arten, denn jeder Körper ohne Ausnahme, der an ein gewöhnliches Feuer gebracht wird, wird entweder ausgedehnt, oder weich, oder glühend gemacht, oder zeigt überhaupt irgend eine Wirkung der Erhitzung. Und eben dies ist auch der Fall in Ansehung des Kaltwerdens. Diese Hitze aber durchdringt nicht alle Arten von Körpern mit gleicher Geschwindigkeit, sondern sie geht durch gewisse Körper geschwinder oder leichter als durch andere. Daher sagt man von den ersteren, daß sie bessere Wärmeleiter seyen als die letzteren. Indessen kennt man keinen Körper von dem man sagen könnte, daß er ein absoluter oder vollkommner Nichtleiter für die Wärme sey. — Eben dies gilt auch in Ansehung der Kälte.

Was die Mittheilung der Wärme betrifft, so hat man die Beobachtung gemacht, daß, wenn ein warmer Körper unter kältere gebracht, oder wenn in gewissen Prozessen, durch gewisse Körper unter kälteren Körpern Wärme erzeugt wird, diese Wärme nach und nach von den ersteren Körpern zu den letzteren übergeht, so daß jene weniger warm, die letzteren aber wärmer gemacht werden, als sie vorher waren. Und da es keinen voll-

kommenen Nichtleiter für Wärme giebt, so kann auch nichts jene Ausdehnung, oder jene Vertheilung von Wärme völlig verhindern; indessen kann sie doch dadurch sehr gehemmt und aufgehalten werden, daß Körper zwischen jene gebracht werden, welche schlechte Wärmeleiter sind.

So weit ist die Wirkung der Wärme sehr bekannt und wird durch die tägliche Erfahrung bestätiget. Allein bey der Mittheilung der Wärme hat auch noch eine andere Erscheinung statt, die weder so bekannt, noch auch so leicht bemerkt wird. Bey der Wärmevertheilung unter mehrere Substanzen nemlich, schlucken einige Körper mehr als andere davon ein, ob sie gleich alle genau in einerley Lage gebracht werden. Man sagt daher, daß verschiedene Körper einen verschiedenen Grad der Kapacität Wärme einzuschlucken oder zu absorbiren, haben. — Ein Beyspiel wird diese merkwürdige Eigenschaft hinlänglich erläutern.

Wenn ein Pfund Wasser bis zu einem gewissen Grade, zum Beyspiele, bis auf 60 Grade erhitzt und dann mit einem anderen Pfunde Wasser, das bis zu 120 Grade erhitzt worden, zusammengemischt wird, so werden die 60 Grad Wärme, welche das letztere Pfund mehr hat als das erstere, zwischen diesen gleichen Wasserquantitäten gleich vertheilt, so nemlich, daß 30 Grad dem ersteren Pfunde mitgetheilt werden, die anderen 30 Grad aber mit dem letzteren verbunden bleiben, und die ganze Mischung nun 90 Grad Wärme hat. — Wenn nun aber ein bis auf 60 Grad erwärmtes Pfund Wasser mit einem bis auf 120 Grad erhitzten Pfund Queckſilber gemischt wird, so wird man finden, daß diese Mischung nicht wie die vorige 90 Grad, sondern nur 62 Grad Wärme haben wird, welches zeigt, daß von den 60 Grad

den von Wärme, welche das Queckſilber mehr hatte als das Waſſer, von einer der beiden Flüſſigkeiten eine gröſsere Portion als von der anderen, müſſe abſorbirt worden ſeyn. Um nun gewiß zu werden, welche von beiden Subſtanzen die größeſte Wärmequantität verſchluckt habe, darf man nur den Verſuch mit dem Unterſchiede wiederholen, daß man das Pfund Waſſer bis zu 120 Grad und das Pfund Queckſilber bis zu 60 Grad erhitzet und beydes dann vermiſcht, denn in dieſem Falle wird es ſich zeigen, daß die Miſchung 118 Grad Wärme hat, ſo daß man bey dem geringſten Nachdenken deutlich einſieht, daß das Waſſer eine viel größere Capacität Wärme zu abſorbiren, als das Queckſilber hat.

Dies ſind die Hauptgrundſätze, auf die alle Erſcheinungen in Anſehung der Wärme und Kälte können bezogen werden, und in ſo weit habe ich Thatſachen angeführt. Fragt man aber nach der Urſache dieſer Thatſachen, ſo können wir nur durch Hypotheſen auf dieſe Frage antworten.

Und verſchiedene Phyſiker haben zu verſchiedenen Zeiten mancherley Hypotheſen zur Erklärung dieſes Gegenſtandes aufgeſtellt; aber keine von allen derſelben, ſcheint ſo befriedigend als die neuere Theorie von der Wärme, welche folgende iſt:

Erſtens nimmt man an: daß es eine ſehr feine, durch alle Körper des Univerſums zerſtreute elaſtiſche Flüſſigkeit gebe, welche fähig ſey ſie alle, mit gröſserer oder geringerer Leichtigkeit zu durchdringen, aber nicht in einem ungebundenen oder freyen Zuſtande durch ſich ſelbſt dargeſtellt werden könne, indem ſie nichts zu beſchränken vermöge und ſie auch kein bekanntes Gewicht habe, oder nicht ponderabel ſey.

Zweytens: Verschiedene Körper haben verschiedene Verwandtschaften zu dieser Flüssigkeit, oder können verschiedene Quantitäten von derselben absorbiren, gerade so, wie verschiedene Holzstücken, verschiedene Wasserquantitäten einschlucken können, und diese Verwandtschaften werden durch mancherley Ursachen, zum Beyspiele, durch Verbindung mit anderen Substanzen, durch komprimiren, durch expandiren u. s. w. verstärkt oder vermindert. Daher bewegt sich diese Flüssigkeit, welche den Grund ihres Daseyns in der beständigen Wirkung dieser Ursachen in der Welt hat, unablässig von einer Reihe von Körpern zu einer anderen. — Ihr Uebergang, ihre Anhäufung in dem einen Körper und ihre Verminderung in dem anderen, giebt jedem Theilchen der Materie Bewegung und scheint das Ganze zu beleben, denn jeder Körper wird durch die Anhäufung oder Verminderung dieser Flüssigkeit verdünnt oder verdichtet. Daher ist auch jeder Körper fähig durch seine Verbindung mit einem größeren oder kleineren Theile derselben, in verschiedene Zustände versetzt zu werden. So ist, zum Beyspiele, Eis eine Verbindung von festem Wasser mit einer gewissen Quantität dieses Grundstoffes; flüssiges Wasser ist mit einer größeren Quantität desselben kombinirt und Dampf ist eine Kombination mit einer noch viel größeren Quantität des Wärmestoffs.

Drittens: Diese angenommene feine und elastische Flüssigkeit, hat man elementarische Wärme oder auch schlechthin Wärmestoff genannt.

Dieser Hypothese zufolge ist nun kombinirter oder gebundener Wärmestoff, diejenige Quantität desselben, die mit anderen Körpern eine Verbindung eingeht und man behauptet von derselben, daß sie nach der Beschaffenheit der Natur eines jeden einzelnen Körpers

verschieden sey. So ist bey dem oben angegebenen Beyspiele, von einer Wasser- und Queckſilber-Mischung gezeigt worden, daß das Wasser mehr gebundenen Wärmestoff enthalte als das Queckſilber. Freyer Wärmestoff dargegen, ist derjenige Theil desſelben, der nicht mit einem gewiſſen Körper verbunden, ſondern fähig ist von dieſem zu anderen, ihn umgebenden Körpern überzugehen und diejenige Quantität davon, welche in einen Körper übergegangen und die man nach der Wirkung, die ſie bey dieſen Körpern hervorbringt, zum Beyſpiel nach der Größe der Ausdehnung u. ſ. w. beſtimmt, wird die Temperatur dieſes Körpers genannt. Die Empfindung welche lebendige Weſen bekommen, wenn ihren Körpern Wärmeſtoff mitgetheilt wird, wird Wärme oder Erwärmung genannt, und das durch die Entfernung des Wärmeſtoffs aus ihren Körpern verurſachte Gefühl nennt man Kälte, oder Kaltwerden. Daraus erhellet alſo, daß Kälte nichts poſitives iſt, denn ſie iſt blos eine Entziehung des Wärmeſtoffs. Wenn man einen heißen Körper berührt, ſo geht der Wärmeſtoff von demſelben in die Hand oder in das Geſicht u. ſ. w. über, dehnt dieſen Theil aus und erregt in uns das Gefühl von Wärme. Berührt man einen kalten Körper, ſo geht der Wärmeſtoff von dem Berührenden zu jenem Körper über und er bekömmt die Empfindung von Kälte. Unter einem kalten oder warmen Körper verſteht man blos, daß ein Körper kälter oder wärmer ſey als unſre Körper oder ein gewiſſer anderer Körper, ſo daß wenn unſer Körper einen Körper berührt, der mit ihm einerley Grad der Temperatur hat, wir dann weder Wärme noch Kälte empfinden, weil in dieſem Falle von keinem der beyden Körper Wärmeſtoff zu dem andern übergeht.

So habe ich denn in dem Vorſtehenden eine ſummariſche Ueberſicht der Erſcheinungen gegeben, die man

gewöhnlich durch die Benennungen von Wärme und Kälte zu bezeichnen pflegt, und zugleich meine Leser mit der Hypothese bekannt gemacht, die unter allen denen, die man zur Erklärung derselben aufgestellt hat, die wahrscheinlichste ist, und nun ist es nothwendig die verschiedenen Theile des Gegenstandes ausführlicher zu untersuchen, um die Arbeit noch nützlicher zu machen. Hiebey kömmt es hauptsächlich auf folgende Punkte an, nemlich auf die Aufstellung der Thatsachen die man in Ansehung der Ausdehnung verschiedener Körper, in Ansehung der Bestimmung der Größe dieser Ausdehnung und in Ansehung der verschiedenen Kapacitäten von Körpern Wärmestoff zu absorbiren, als gewiß erkennt hat, wie auch derjenigen Thatsachen, welche die Hervorbringung, Mittheilung und Anwendung von Wärme u. s. w. betreffen. — Dies will ich in den folgenden Kapiteln auszuführen versuchen, in denen ich zugleich die theoretische Erklärung, der oben aufgestellten Hypothese gemäß, vortragen werde.

Zweytes Kapitel.

Von dem Thermometer und der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung von Körpern.

Eine der allgemeinsten Wirkungen der Wärme oder des freyen Wärmestoffs, ist die Ausdehnung der Körper oder die Vergrösserung ihres Volumens. Die entgegengesetzte Wirkung wird durch Kälte, das heißt: durch eine Verminderung des freyen Wärmestoffs hervorgebracht.

Es muß indeß hiebey bemerkt werden, daß Körper von einem gleichen Volumen oder Umfang, aber von verschiedener Art, ob sie gleich in einerley Grad erwärmt werden, doch nicht gleich stark ausgedehnt werden, und daß auch die Vergrößerungen des Volumens des nemlichen Körpers nicht immer mit den ihm mitgetheilten Wärmequantitäten in Verhältniß stehen. — Wenn ein eiserner und ein gläserner Stab, die beide von gleicher Größe sind, in einem gleichen Grade erwärmt werden, indem man sie, zum Beyspiele, in siedendes Wasser steckt, so wird dadurch der eiserne Stab stärker verlängert werden, als der gläserne. — Wenn eine bis zu einem gewissen Grade erhitzte gegebene Quantität Wasser, in Ansehung ihres Volumens um einen Kubikzoll vergrössert wird, so vergrößert diese Quantität von Wärme, wenn sie zweyfach oder dreyfach verstärkt wird, das Volumen desselben nicht auch um zwey oder drey Kubikzoll; die Ausdehnungen des Wassers stehen also nicht mit der Vermehrung der Wärme in Verhältniß. — Dies ist auch der Fall mit den meisten anderen Substanzen.

Ich komme nun zur Angabe der merkwürdigsten bewiesenen Thatsachen die Ausdehnung besonderer Substanzen betreffend, und werde zuerst von den flüssigen und dann von den festen sprechen.

Es giebt nur eine Art die Expansionen von Flüssigkeiten zu bestimmen, nemlich die: daß man sie in gewisse Gefäße einschließt und dann denjenigen Theil der Hohlung eines jeden Gefäßes, der von der besonderen Flüssigkeit, die es bey verschiedenen Temperaturen anfüllt, eingenommen wird, misset. Es ist einleuchtend, daß die Substanz des Gefäßes durch die Wärme auch ausgedehnt und folglich seine Hohlung erweitert wird. Wenn man

also findet, daß das Volumen der Flüssigkeit vergrößert worden ist, so ist diese anscheinende Vergrößerung blos der Unterschied zwischen der erweiterten Hohlung des Gefäßes und dem vergrößerten Volumen der Flüssigkeit. Darum müssen Gefäße der Art von solchen Substanzen gemacht werden, die sich am wenigsten durch die Hitze ausdehnen lassen. Man bedient sich daher des Glases allgemein zu dieser Absicht, theils weil es sich nur in einem geringen Grade ausdehnen läßt, und theils weil es durchsichtig ist und noch überdies andere merkwürdige und nützliche Eigenschaften hat.

Ein gläsernes Gefäß, das mit einer Flüssigkeit bis zu einem gewissen Grade in der Absicht angefüllt worden, die Ausdehnungen jener Flüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen, oder die Temperatur durch die entsprechende Ausdehnung der Flüssigkeit zu zeigen, wird ein Thermometer, das heißt: ein Temperaturmesser oder Wärmemesser genannt.

Die Flüssigkeiten die gewöhnlich zu Thermometern gebraucht werden, sind entweder Queckſilber oder Weingeist, und der letztere wird gewöhnlich durch Cochenille oder Brasilienholz roth gefärbt, um ihn bemerkbarer zu machen. Die Thermometer werden daher Queckſilberthermometer und Spiritusthermometer genannt. Andre Flüssigkeiten kann man wegen ihrer Klebrigkeit oder wegen der großen Unregelmäßigkeit mit der sie ausgedehnt werden, nicht zu Thermometern brauchen. *)

Die

*) Man hat auch Thermometer ohne Glas und Flüßigkeit von metallenen Stäben gemacht. Diese zeigen die Temperatur durch den Grad der Ausdehnung der Stäbe an und werden deshalb metallene Thermometer genannt. — Es wird weiter unten von ihnen die Rede seyn.

Die beste und bequemste Gestalt für Thermometer ist die einer langen Röhre mit einer engen Hohlung und mit einer hohlen Kugel an dem einen Ende derselben, wie Fig. I. Taf. XVIII. abgebildet ist. Die Hohlung der Kugel C und ein Theil der Röhre, so weit, zum Beyspiele, bis zu A, ist mit der Flüssigkeit angefüllt, der übrige Theil derselben aber ist enweder zum Theil oder ganz luftleer und das Ende der Röhre B ist hermetisch verschlossen, das heist, es ist vollkommen dadurch verschlossen, daß das Ende der Röhre bey der Flamme eines Lichtes oder einer Lampe, die vermittelst eines Löthrohres darauf getrieben worden, zugeschmelzt worden ist. *)

*) Weil die Thermometerröhren sehr enge sind, so ist es nicht möglich sie durch bloses Eingießen der Flüßigkeit zu füllen. Um dies also zu bewerkstelligen, muß man die Kugel C über der Flamme eines Lichtes erwärmen und unmittelbar darauf die Oeffnung B umkehren und in die Flüßigkeit, zum Beyspiele, in das Queckſilber tauchen, wodurch die Kugel zum Theil mit Queckſilber angefüllt wird. Denn da die Flamme einen Theil der in der Röhre und Kugel des Thermometers befindlichen Luft verdünnt und folglich herausgetrieben hat, so treibt, wenn die Kugel darauf wieder kalt und die Luft in derselben verdichtet wird, die auf die Oberfläche des in dem Gefäße befindlichen Queckſilbers drükkende Atmosphäre, das Quekſilber in die Röhre und in die Kugel. Wenn dies geschehen ist, so wird die Kugel C von neuem über dem brennenden Lichte erwärmt, bis das darinn enthaltene Queckſilber anfängt zu kochen, da sie denn sogleich umgekehrt und mit der Oeffnung B in das Queckſilber gesteckt wird, wodurch denn mehr davon in die Kugel getrieben wird. Diese Operation muß so lange wiederholt werden, bis alle Luft aus der Kugel und einem Theile der Röhre entfernt worden und die Stelle derselben Quekſilber eingenommen hat. Wenn dies geschehen ist, so muß man die Kugel gelind erwärmen, um das Queckſilber zu verdün-

Wenn die Kugel C erhitzt wird, so wird das Queckſilber oder der Weingeiſt ausgedehnt und da es keinen anderen Platz ſich auszubreiten hat, ſo zeigt ſich die ganze Vergrößerung des Volumens in der Röhre, indem nemlich die Oberfläche A der Flüſſigkeit beträchtlich in der Röhre ſteigt. Wenn nun dagegen die Kugel C wieder kalt wird, ſo zieht ſich die Flüſſigkeit zuſammen und ihre Oberfläche A fällt. Es iſt einleuchtend, daß wenn alles übrige gleich iſt, je größer die Kugel im Verhältniß zu dem Durchmeſſer der Hohlung der Röhre iſt, oder je enger dieſe im Verhältniß zu jener iſt, deſto größer auch die Bewegung der Oberfläche A in der Röhre ſeyn muß. Es muß aber hierbei bemerkt werden, daß, wenn die Kugel ſehr groß iſt, das Thermometer nicht leicht eine genaue Temperatur an irgend einem Platze, wo es auch aufgeſtellt werde, erlangen wird. Einige haben ſtatt der Kugel, um eine größere Oberfläche zu bekommen und folglich das Inſtrument fähig zu machen geſchwinder eine gegebene Temperatur zu bekommen, die Zylinderform dafür gewählt, wie zum Beyſpiele Fahrenheit, und dem Behälter eine flache oder glockenartige Geſtalt gegeben, allein dies iſt mit dem Nachtheil verbunden, daß ſogeſtaltete Thermometer durch die abwechſelnde Schwere der Athmosphäre verändert werden und folglich nicht genau ſeyn können.

Wenn ein Thermometer ſchnell erhitzt wird, wie dies der Fall iſt, wenn die Kugel C in heißes Waſſer geſteckt wird, ſo wird man bemerken, daß die Oberfläche A der Flüſſigkeit ein wenig fallen, unmittelbar darauf aber wieder ſteigen wird. Die Urſache davon iſt, daß die Hitze des Waſſers zuerſt das Glas erweitert oder

nen und zu machen, daß es bis nahe an die Oeffnung B ſteige, und dann muß man geſchwind die Oeffnung B vermittelſt des Blasrohres zuſchmelzen.

ausdehnt, und dann erst der Flüssigkeit mitgetheilt wird, u. s. w. Wird dagegen die Kugel eines Thermometers plötzlich erkältet, so wird die Oberfläche A der Flüssigkeit erst ein wenig steigen und dann fallen, weil die Kälte zuerst das Glas allein zusammenzieht und dann erst die Flüssigkeit.

Eis schmilzt bei einem gewissen unveränderlichen Grade der Temperatur und Wasser gefriert ohngefähr bey der nemlichen Temperatur. Wenn daher die Kugel C eines Queckfilber Thermometers in schmelzendes Eis oder schmelzenden Schnee gesteckt, und an der äußeren Seite der Röhre, in gerader Linie mit der Oberfläche der Flüssigkeit, wie bey D, ein Zeichen gemacht wird, so heist dieses Zeichen der Gefrierpunkt, ob es gleich in der That nur der Punkt ist, wo das Eis schmilzt, da der Gefrierpunkt des Wassers nicht so beständig ist. — Wird die Kugel des Thermometers in kochendes Wasser gestellt und an der Glasröhre, in gerader Linie mit der Oberfläche der darinn enthaltenen Flüssigkeit, ein Zeichen wie bey E gemacht, so nennt man dieses Zeichen den Siedpunkt, weil in einem offnen Gefäße und unter dem nämlichen atmosphärischen Druck, den das Barometer angiebt, Wasser allemal bey der nemlichen Temperatur siedet, so daß zwar eine verstärkte Hitze dasselbe zwingt schneller zu verdampfen, aber die Temperatur desselben nicht erhöhen wird. — Wenn nun diese Punkte bestimmt sind, und man theilt die Röhre ihrer Länge nach von D bis zu E in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, so sind diese Theile die Grade des Thermometers, oder die Wärmegrade, die durch die Ausdehnung der in dem Thermometer enthaltenen Flüssigkeit bestimmt werden. Solche Grade oder gleiche Abtheilungen können auch über E und unter D noch angebracht werden, um die Temperatur gerade un-

ter dem Gefrierpunkt und über dem Siedpunkt anzuzeigen.

Diese beyden unveränderlichen Punkte der Temperatur, nemlich der, auf dem das Eis Wasser und der, bey dem das Wasser Dunst wird, sind von den verschiedenen Verfertigern von Thermometern allgemein als feste Punkte bei der Graduirung dieser Instrumente angenommen worden, allein der zwischen ihnen befindliche Raum oder ihr Fundamentalabstand ist von verschiedenen auch verschieden eingetheilt worden und daher haben auch die verschiedenen Thermometer oder besser die verschiedenen Arten sie zu graduiren, ihre Benennung bekommen, daher giebt es ein Reaumur'sches, ein Fahrenheit'sches u. s. w. Thermometer. Reaumur theilt den Raum zwischen den erwähnten beyden Punkten in 80 gleiche Theile oder Grade, indem er die o bey den Gefrierpunkt, den achtzigsten Grad aber bey den Siedpunkt setzt. — Fahrenheit theilt ihn in 180 Grade oder gleiche Theile, setzt aber die o zwey und dreyßig Grade unter den Gefrierpunkt D, so daß der Gefrierpunkt bei dem 32ten und der Siedpunkt E bey dem 212ten Grade ist *).

Andere haben wieder andere Arten der Eintheilung angenommen, die ihnen größere Vortheile zu gewähren schienen, oder die ihren Ideen von der Sache gemäßer waren.

*) Anstatt der Zahl immer das Wort: Grade beyzusetzen, setzt man ihr zur rechten Hand und zwar ein wenig über dieselbe eine kleine o. Zum Beispiele, 24° heist 24 Grad; 60° heist 60 Grade u. s. w.

Die meisten dieser Skalen sind gegenwärtig außer Gebrauch gekommen; da man sie aber doch in verschiedenen älteren Abhandlungen angenommen findet, so habe ich es für nöthig gehalten, sie in der folgenden Tabelle anzugeben. Diese enthält zuerst den Namen des Mannes oder der Gesellschaft, welche sich dieser Art der Eintheilung bedient hat; zweytens: den Grad der von ihnen neben den Gefrierpunkt gesetzt worden; drittens den Grad der neben den Siedpunkt gesetzt worden und viertens die Anzahl der zwischen diesen beyden Punkten befindlichen Grade.

	Gefrier-Punkt.	Siede-Punkt.	Grade zwischen diesen beyden Punkten.
Fahrenheit's Thermometer, das gewöhnlich in Großbritaunien gebraucht wird und das auch in diesem Werke immer ist befolgt worden, wenn nicht ein anderes besonders angegeben worden	32	212	180
Reaumür's Thermometer, das gewöhnlich in Frankreich und anderen Ländern des festen Landes gebraucht wird.	0	80	80
Celsius Thermometer, vorzüglich in Schweden gebräuchlich, daher es auch das schwedische genannt wird. Es ist neuerlich auch von den französischen Chemikern unter dem Namen des hundertgradigten Thermometers angenommen worden	0	100	100
Die florentinischen Thermometer, die von den Mitgliedern der bekannten Academia del' Cimento gemacht und gebraucht worden und mit zu den ersten Instrumenten dieser Art gehören. Sie hatten keine bestimmte Skale, indem einige mehr Grade haben als andere. Zweye von ihren gewöhnlichsten Gradabtheilungen scheinen gewesen zu seyn	20 $13\frac{1}{2}$	174 $81\frac{2}{3}$	154 $68\frac{1}{6}$

	Gefrier-Punkt.	Siede-Punkt.	Grade zwischen beyden Punkten.
Das pariser Thermometer, nemlich das alte Thermometer der Academie der Wissenschaften, scheint ohngefähr also abgetheilt gewesen zu seyn	25	239	214
De la Hire's Thermometer, welches über 60 Jahre auf der Sternwarte zu Paris gestanden, scheint so graduirt gewesen zu seyn	28	$199\frac{1}{3}$	$171\frac{1}{3}$
Amontons Thermometer	$51\frac{1}{2}$	73	$21\frac{1}{2}$
Des Marchese Poleni's Thermometer	$47\frac{3}{10}$	$62\frac{9}{10}$	$15\frac{6}{11}$
De l' Isle's Thermometer ist nach einer umgekehrten Ordnung graduirt	150	0	150
Crucquins's Thermometer	1070	1510	440
Das alte Thermometer der königlichen Gesellschaft in London scheint die Einrichtung gehabt zu haben, daß 0 ohngefähr dem 88sten Grade des Fahrenheit'schen Thermometers gleich gewesen, von welchem Punkte an, dann die Grade aufwärts und abwärts gezählt worden, nemlich	$75\frac{3}{4}$	$141\frac{3}{4}$	$215\frac{1}{2}$
Newton's Thermometer	0	34	34
Fowler's 0 scheint ohngefähr dem 53sten oder 54sten Grade von Fahrenheit's Thermometer gleich gewesen zu seyn, da dann die Grade auf nebenstehende Art aufwärts und abwärts gezählt worden	34	$250\frac{1}{3}$	$284\frac{1}{3}$
Hales's Thermometer	0	163	163
Das ehemals gebräuchliche Edimburger Thermometer scheint auf nebenstehende Art graduirt gewesen zu seyn	$8\frac{1}{5}$	47	$38\frac{4}{5}$

Man hat den Thermometern mancherley Gestalten und Größen gegeben, je nachdem man sie für bequem zur Erreichung der verschiedenen Absichten, die man dabey bezweckte, hielt.

Bey Thermometern, welche die Temperatur der Atmosphäre anzuzeigen bestimmt sind, ist es nicht nöthig, daß die Skalen sehr verlängert werden, indem es mehr als hinreichend ist, wenn sie nur bis zu einer Höhe von 120° gehen. Die untern Grade können so weit hinab geführt werden, als man nach der Beschaffenheit eines jeden Clima für nothwendig hält. Das Queckſilberthermometer braucht nicht tiefer als 40° unter ° zu gehen, weil das Queckſilber ohngefähr bey diesem Grade aufhört flüssig zu bleiben.

Das Weingeistthermometer kann, wenn es nöthig ist, tiefer hinabreichende Grade bekommen. — Und hiebey bemerke ich, daß wenn sowohl ein Queckſilberthermometer, als auch ein Weingeistthermometer nach der oben angegebenen Anweisung graduirt worden, doch beyde, aus Gründen, die in der Folge sollen angeführt werden, bey ihrer gewöhnlichen Anzeige von einerley Temperatur, nicht auf einerley Graden stehen.

Die Thermometergrade können auf Metall, oder Holz, oder Papier, oder Elfenbein u. s. w. verzeichnet werden; man sollte aber zu Thermometerskalen, besonders wenn das Instrument nicht durch ein gläsernes Gehäuse oder einen hölzernen mit einem Glasthürchen versehenen Kasten verwahrt ist, blos solche Substanzen wählen, die durch die Witterung weder verbogen, noch verkürzt, noch auf irgend eine andere Art verändert werden können.

Die Kugel des Thermometers muß rein und ungefärbt seyn, weil gefärbte Oberflächen dem Nachtheile ausgesetzt sind, durch ein starkes Licht ungleich erhitzt zu werden *). Auch darf die Kugel nicht mit der Substanz der Skale in Berührung kommen, weil sonst die Temperatur dieser Substanz einen Einfluß auf sie bekömmt.

Die Thermometer müssen in der freyen Luft außer dem Hause und wenigstens einen Fuß von der Wand desselben abstehend und zwar so aufgehängt werden, daß die Sonnenstrahlen nicht in gerader Richtung auf sie fallen können. Fig. 2. Taf. XVIII. ist ein Thermometer von der gewöhnlichsten Art, ohne Gehäuse abgebildet.

Bey Thermometern, die zu chemischen Versuchen sollen gebraucht werden, müssen die Kugeln und ein Theil der Röhren etwas weiter herab gehen als die Skalen, um sie in Flüssigkeiten, Mischungen u. d. gl. m. stecken zu können.

Die Thermometer, deren man sich bey botanischen Beobachtungen, in Treibhäusern, Brauhäusern, Bädern u. s. w. bedient, müssen in Ansehung der Gestalt dem jedesmaligen Zwecke gemäs eingerichtet seyn; sie müssen

*) Man nehme zwey gleiche Thermometer und färbe die Kugel des einen schwarz, oder gebe ihr eine andere dunkele Farbe und setze dann beyde der Sonne aus, so wird man finden, daß das Queckfilber in dem mit der gefärbten Kugel verschiedene Grade höher steigen wird, als in dem mit der ungefärbten. Schon ein starkes Tageslicht wirkt, wenn auch die Sonnenstralen nicht in gerader Richtung darauf fallen, auf beyde verschieden.

länger, oder kürzer, oder enger u. s. w. gemacht werden, auch müssen die Skalen besondere Verhaltungsregeln in dieser Rücksicht enthalten u. s. w. Ich will jedoch den Leser nicht länger mit Bemerkungen, die blos die so veränderliche Gestalt der Thermometer betreffen, aufhalten.

Indessen ist es doch nothwendig noch einer Art von Thermometern zu erwähnen, die zur Erreichung einer ganz eigenen Absicht sind erfunden worden, nemlich derjenigen, welche den höchsten Grad der Wärme oder Kälte anzeigen, der während der Abwesenheit des Beobachters, etwa in der Nacht, oder in den heißesten Stunden des Tages, oder auch wohl während einer ganzen Jahreszeit eingetreten ist.

Man hat dergleichen Thermometer von Bernoulli, Kraft, dem Lord Cavendish und andern gelehrten und sinnreichen Männern, aber das Beste dieser Art, das jedoch selbst auch nicht ganz ohne Fehler ist und folglich auch noch der Verbesserung bedarf, ist von Jacob Six erfunden worden und die Beschreibung desselben steht in dem 72sten Bande der Philosophischen Transactionen. Es ist bey Fig. 3. Taf. XVIII. abgebildet, „jedoch ohne Gestelle und Skale. „a b ist eine Röhre „von dünnem Glase, welche ohngefähr 16 Zoll lang ist und $\frac{5}{10}$ eines Zolles im Durchmesser hat. c d e f g h „ist eine engere Röhre, deren innerer Durchmesser ohngefähr $\frac{1}{40}$ beträgt; sie ist mit der Weiteren an dem „oberen Ende derselben b verbunden, dann erst auf der „linken Seite so abwärts gebogen, daß sie zwey Zoll „unter a b herabreicht und läuft darauf wieder an der „rechten Seite in den verschiedenen Richtungen c d e, „f g h, parallel und in einer Entfernung von einem „Zoll an ihr in die Höhe. Gegen das Ende dieser Ro-

„benröhre, nemlich bey h, erweitert sich von h bis zu i, wel„che Entfernung zwey Zoll in der Länge hat, der innere Durch„messer derselben um einen halben Zoll. Dieses Glas wird „nun bis auf einen halben Zoll von dem Ende i, mit „höchst rektificirtem Weingeist angefüllt, ausgenommen „jedoch, den Theil der kleinen Röhre, der von d bis g „reicht und mit Queckſilber angefüllt wird. Wenn man „das Instrument in diesem Zustande betrachtet, so sieht „man leicht, daß, wenn der Weingeist in der weiten „Röhre, welche das ist, was bey andern Thermome„tern die Kugel ist, durch die Wärme ansgedehnt wird, „das Queckſilber in der an der linken Seite befindlichen „engen Röhre nieder gedrückt werden, und folglich ma„chen wird, daß das in der an der rechten Seite stei„gen muß; da im Gegentheile die entgegengesetzte Wir„kung erfolgen wird, wenn der Weingeist durch die Käl„te verdichtet wird, nemlich das Queckſilber an der lin„ken Seite wird steigen, wenn das an der rechten Seite „fällt. Daher werden die Grade der Skale, welches die „Fahrenheitische ist, an der linken Seite von oben nach „unten zu nummerirt, indem sie an der Spitze dieser „Seite mit o anfangen, indes die an der rechten Sei„te, die an dem unteren Theile mit o beginnen, auf„wärts gezählt werden. Die Abtheilung der Grade „wird dadurch gehörig eingerichtet, daß man dieses Ther„mometer zugleich mit einem guten Normalqueckſilberther„mometer in Wasser, das man nach und nach erwärmt „oder abkühlt, setzt und nach diesem die Grade der neuen Skale bemerkt und bey jedem fünften Grade bezeichnet, „Daß nun dieses Thermometer den Stand des Queckſil„bers auch in Abwesenheit des Beobachters angeben kön„ne, das wird auf folgende Art bewirkt. In jedem der „beyden Schenkel der engen Röhre des Barometers, ist „auf der Oberfläche des Queckſilbers, ein von dem „Weingeist umgebener kleiner Zeiger angebracht, der so

„eingerichtet ist, daß er, nach Erfordern der Umstände,
„auf und abgeschoben werden kann, (und dessen Gestalt
„sogleich näher wird beschrieben werden.) Diejenige
„Oberfläche des Queckſilbers nun, welche steigt, nimmt
„ihren Zeiger mit in die Höhe, der aber, vermöge seiner
„Einrichtung, wenn es wieder fällt, nicht wieder mit
„ihm zurückgeht, sondern auf dem Grade stehen bleibt,
„bis zu dem er war gehoben worden, und also deutlich
„und sehr genau anzeigt, wie hoch es gestiegen und
„welches folglich der höchste Grad der Wärme oder Käl-
„te, in der Zeit der Abwesenheit des Beobachters ge-
„wesen."

„Bey Fig. 4. Taf. XVIII. sind diese Zeiger, um
„sie deutlicher darzustellen, nach einem vergrößerten
„Maaßstabe abgebildet. a ist eine kleine, $\frac{3}{4}$ Zoll lange
„Glasröhre, die an beyden Enden hermetisch verschlossen
„ist, und in welcher sich ein beynahe eben so langes
„Stück Stahldrath befindet. An jedem der beyden En-
„den c, d, ist ein kurzes Stück von einer schwarzen
„Glasröhre befestigt, der Durchmesser dieser Stücken
„muß aber nur so groß seyn, daß sie ohne Zwang in
„der engen Röhre des Thermometers auf- und absteigen
„können. Das untere Ende dieses Zeigers wird nun
„so auf das Queckſilber gesetzt, daß es auf der Ober-
„fläche desſelben schwimmt. Steigt also dieses, so hebt
„es zugleich auch den Zeiger mit in die Höhe, der, weil
„sein oberes Ende mit dem unteren von gleichem Durch-
„messer ist, mit den Seiten der Thermometerröhre pa-
„rallel bleibt. Von dem oberen Ende des Körpers die-
„ses Zeigers steigt bey o eine haarfeine Glasfeder, die
„ohngefähr $\frac{5}{7}$ eines Zolles lang ist, auf, die, da sie ein
„wenig schief gerichtet ist, sanft gegen die innere Ober-
„fläche der Röhre drückt und so das Abgleiten, oder
„überhaupt das Verrücken des Zeigers, wenn das Queck-
„silber fällt, oder er durch den auf- und absteigenden

„Weingeist bewegt wird, oder wenn das Instrument „einen Stoß u. s. w. bekömmt, verhindert. Dieser „Druck ist jedoch zugleich so berechnet, daß er den Zei„ger nicht hindert durch die Oberfläche des steigenden „Queckfilbers leicht in die Höhe gehoben und auch wieder „abwärts geschoben werden zu können, wenn das Ins„strument zu neuen Beobachtungen soll eingerichtet wer„den. Um das Verdunsten des Weingeists zu verhüten, „wird die Röhre bey dem Ende i fest zugeschmolzen.

„Dieses Instrument muß mit seinem Futterale an „der äußern Wand gut befestigt werden, damit es nicht „durch heftige Windstöße kann erschüttert werden. — „Gewöhnlich untersuche ich mein Thermometer gegen „Abend und sehe so mit einem Blicke zugleich bey dem „Zeiger an der linken Seite desselben, den höchsten „Grad der Kälte in der vergangenen Nacht, und bey „dem an der rechten, den höchsten Grad der Wärme „des Tages. Sobald ich diese Grade aufgezeichnet ha„be, bringe ich die Zeiger vermittelst eines kleinen Mag„neten, den ich an der Seite der Röhre, an welcher sie „anliegen, herabziehe, wieder auf die Oberfläche des „Queckfilbers und so kann dieses Instrument, ohne daß „man nöthig hätte, das Queckfilber zu erwärmen oder „abzukühlen oder zu trennen, oder auch das Instrument „selbst nur aus seiner Lage zu bringen, ja ohne daß „man es auch nur zu berühren nöthig hat, sogleich „wieder zu einer neuen Beobachtung eingerichtet wer„den."

Man sollte beym ersten Anblicke denken: daß gleiche Vermehrungen der Wärme, Flüssigkeiten auch gleichförmig, (oder der Wärme proportional,) ausdehnen müßten, so nemlich, daß wenn die Wärme nach und nach um einen, zwey, drey u. s. w. Grade erhöht würde,

auch das Volumen der diesen Graden proportional erwärmten Flüssigkeiten zuerst um eine gewisse Quantität, dann um das doppelte, dann um das dreyfache dieser Quantität u. s. w. müßten ausgedeht werden; allein dies ist nicht der Fall, und jede Flüssigkeit scheint vielmehr ein besonderes Expansionsgesetz zu haben.

Das Queckſilber scheint sich gleichförmiger auszudehnen, als jede andere Flüssigkeit. *) Aber die Vermeh-

mehr-

*) Es ist nothwendig zu zeigen, wie diese Unregelmäßigkeit kann ausgemittelt und bestimmt werden. — Den Erscheinungen, welche die Mischungen von Flüssigkeiten geben und dem Räsonnement darüber zufolge, hat man den Satz aufgestellt: daß wenn gleiche Quantitäten von einer und derselben Art der Flüßigkeit, die aber verschieden erwärmt worden, mit einander vermischt werden, die Temperatur der Mischung eine mittlere proportionale zwischen den Temperaturen der besonderen Quantitäten sey. Wenn nun ein Thermometer, mit dem man die Temperatur der beyden Flüßigkeiten vor der Vermischung derselben bestimmt hat, wenn es in die Mischung getaucht wird, auch eine arithmetische mittlere zwischen jenen beyden besonderen Temperaturen anzeigt, so kann man den Schluß machen, daß sich die Flüssigkeit des Thermometers gleichförmig durch die Grade bey dieser Temperatur ausdehnt und so kann man, indem man ähnliche Versuche in verschiedenen Temperaturen anstellt, das Gesetz für die Ausdehnbarkeit dieser Flüssigkeit bestimmen.

Wenn also, zum Beispiele, das Thermometer, das nach einander in zwey gleiche Wasserquantitäten gesteckt worden, in der einen auf 40° und in der anderen auf 60° steigt, nachdem aber beyde vermischt worden, nur 50° zeigt, so kann man daraus schließen, daß die Flüssigkeit desselben gleichförmig ausgedehnt worden. Zeigt es dagegen mehr oder weniger als 50°, so ist die Ausdehnung derselben nicht so groß, oder größer u. s. w.

rungen des Volumens deſſelben ſind doch den Vermehrungen der Wärme nicht ganz proportional. Bey anderen Flüſſigkeiten iſt die Unregelmäßigkeit der Ausdehnung ſehr beträchtlich.

De Luc hat mit großer Sorgfalt und Beharrlichkeit die Ausdehnbarkeit des Queckſilbers, oder beſſer, die wirklichen Wärmequantitäten, die erforderlich ſind, um das Queckſilber arithmetiſch auszudehnen, beſtimmt. Sie ſind in folgender Tabelle angegeben, deren erſte Kolumne die Grade der Reaumürſchen Skale von fünf zu fünf Graden, welches gleiche Theile ſind, enthält; die zweyte zeigt die wirklichen Wärmequantitäten, die erforderlich ſind, das Queckſilber bis zu den korreſpondirenden Graden ſteigen zu machen, bey denen z eine feſte aber unbekannte Quantität ausdrückt; die dritte Kolumne enthält die Unterſchiede dieſer Quantitäten, oder der wirklichen Wärme. (Man ſehe: De Luc Recherch. sur les Modific. de l'Atmosphére. 1772 S. 309.)

Queckſilber-Thermometer.		Wirkliche Wärme-Quantitäten.	Unterſchied der wirklichen Wärme, den Abwechslungen des Queckſilberthermometers von 5 zu 5 Graden entſprechend.
Siedpunkt	80°	z + 80, 00	4, 72
	75	z + 75, 28	4, 72
	70	z + 70, 56	4, 79
	65	z + 65, 77	4, 81
	60	z + 60, 96	4, 81
	55	z + 56, 15	4, 89
	50	z + 51, 26	4, 89
	45	z + 46, 37	4, 97
	40	z + 41, 40	5, 00
	35	z + 36, 40	5, 08
	30	z + 31, 32	5, 10
	25	z + 26, 22	5, 10
	20	z + 21, 12	5, 18
	15	z + 15, 94	5, 20
Punkt des	10	z + 10, 74	5, 31
ergehenden	5	z + 5, 43	5, 43
Eiſes —	0	z	

Wenn ein Kubikzoll Queckſilber, oder irgend eine andere Quantität davon, welche eine Temperatur von 32° hat, bis zu der Temperatur des kochenden Waſſers, alſo bis zu 212° erhitzt wird, ſo wird man finden, daß das Volumen derſelben um 0,01836 zugenommen hat. Dieſes flüſſige Metall kocht und verwandelt ſich in Dunſt bey 600° nach dem Fahrenheit'ſchen Thermometer und es wird zu einem feſten Körper bey — 40°, alſo 72° unter dem Punkte des zergehenden Eiſes. Unter jenem Punkte, nemlich — 40° wird es unregelmäßig zuſammengezogen.

Die dritte Kolumne zeigt, daß wenn auch die Unterſchiede der Wärme, die erforderlich iſt, um das Volumen des Queckſilbers gleichförmig und gerade fortgehend auszudehnen, nicht ganz vollkommen gleich ſind, ſie ſich doch nicht ſehr von dieſem Gleichheitsverhältniß entfernen. Bey anderen Flüſſigkeiten ſind die Unregelmäßigkeiten größer, wie ſich aus der gleich folgenden Tabelle ergeben wird, welche die Reſultate der Beobachtungen enthält, welche de Luc über die Ausdehnungen der vorzüglichſten Flüſſigkeiten, die zu dergleichen Verſuchen gebraucht werden, gemacht hat.

Zum beſſern Verſtehen dieſer Tabelle muß man wiſſen, daß verſchiedene Thermometer, deren jedes mit einer beſonderen Flüſſigkeit, die allemal oben in jeder Kolumne angegeben iſt, angefüllt und zwiſchen dem Gefrierpunkt und dem Siedpunkt in 80 gleiche Theile getheilt worden, mit ihren Kugeln in das nemliche mit Waſſer angefüllte Gefäß geſteckt werden, und daß das Waſſer allmählig erwärmt wird. Wenn dann das Queckſilberthermometer auf 5°, 10°, 15° u. ſ. w. ſteht, ſo wird man finden, daß die Flüſſigkeiten in den anderen Thermometern auf den Graden ſtehen, die mit jenen in gleicher Reihe ſtehen. Wenn zum Beyſpiele, das Queckſilberthermometer auf 40° ſteht, ſo wird das Waſſerthermometer auf 20°, 5; das Weingeiſtthermometer auf 35° und das Oelthermometer auf 30°, 2 ſtehen u. ſ. w.

Weingeist kocht bey ohngefähr 180° und der reinste friert wahrscheinlich nie. Wenn Brantewein und eine Mischung von Wasser und Weingeist friert, so ist es blos das Wasser, was in den festen Zustand übergeht, der Weingeist aber wird sich immer in irgend einem Theile des Eises, in einer oder mehreren Blasen sammeln.

Der große Nutzen und der ausgebreitete Einfluß, den das Wasser in Ansehung der Arbeiten der Natur und auch der Kunst hat, macht es nothwendig, von der Ausdehnbarkeit desselben und von der elastischen Kraft, die es bekömmt, wenn es erhitzt u. s. w. wird, noch etwas ausführlicher zu handeln.

Das Wasser macht in Ansehung der Audehnungsfähigkeit eine ganz besondere Abweichung von einem übri-

	Queckſilber	Waſſer	Waſſer mit Salz geſättigt	Alkohol	3 Theile Alkohol und 1 Th. Waſſer	Gleiche Theile Alkohol und Waſſer	Ein Theil Alkohol u. 3. Th. Waſſer	Olivenöl
Siedpunkt	80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
	75	71,0	74,1	73,8	73,7	73,2	71,6	74,6
	70	62,0	68,4	67,6	67,5	66,7	62,9	69,4
	65	53,5	62,6	61,5	61,5	60,6	55,2	64,4
	60	45,8	57,1	55,5	55,8	54,8	47,7	59,3
	55	38,5	51,7	50,3	50,2	49,1	30,6	54,2
	50	32,0	46,6	45,1	44,9	43,6	24,4	49,2
	45	26,1	41,2	40,0	39,7	38,4	28,4	44,0
	40	20,5	36,3	35,0	34,8	33,3	13,0	39,2
	35	15,9	31,3	30,1	29,8	28,4	18,0	34,2
	30	11,2	26,5	25,5	25,2	23,9	3,5	29,3
	25	7,3	21,9	20,9	20,7	19,4	9,4	24,3
	20	4,1	17,3	16,5	16,2	15,3	6,1	19,3
	15	1,6	12,8	12,0	11,8	11,1	3,4	14,4
	10	0,2	8,4	7,9	7,7	7,1	1,4	9,5
	5	0,4	4,2	3,9	3,8	3,4	0,1	4,7
Gefrierpunkt	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
	5		4,1					
	10		8,0					

übrigens allgemeinen Naturgesetz. Jede andere Substanz nemlich wird, so viel uns bekannt ist, durch die Wärme beständig ausgedehnt und durch die Kälte eben so zusammengezogen; das Wasser aber wird bey einer Wärme von ohngefähr 40 Grad an, nach dem Fahrenheitischen Thermometer, aufwärts gerechnet, ausgedehnt, unter 40° aber wird sein Volumen durch eine zunehmende Verminderung der Wärme oder Vermehrung der Kälte ausgedehnt, und Eis ist in der That leichter als Wasser, daher es auch auf diesem schwimmt, indem sich die eigenthümliche Schwere des Eises zu der des Wassers beynahe wie 7 zu 8 verhält. Das Eis von Oel im Gegentheile ist schwerer als flüssiges Oel und sinkt in diesem unter.

Das Volumen des Wassers vermehrt sich von dem Zustande der größten Zusammenziehung desselben an, der bey 40° statt hat, beständig fort, die Zunahme oder Vergrößerung aber erfolgt nicht sehr regelmäßig. So ist zum Beyspiele die Vermehrung des Volumens von 180° bis zu 212° beträchtlich größer als sie von 40° bis zu 72° ist. Wenn das Volumen des Wassers bey 40° Eins genannt wird, so ist das Volumen desselben bey 212°: 1, 04785. Ueber diesem Grade von Wärme verwandelt sich das Wasser in Dampf, das heist: in eine elastische Flüssigkeit und die Bildung dieser elastischen Flüssigkeit in dem Wasser an den inneren Wänden des Gefäßes, bildet die Wasserblasen, deren Entweichung das Sieden des Wassers macht. Ueber diesen Grad hinaus, oder stärker kann das Wasser nicht erhitzt werden, denn alle noch hinzugesetzte Hitze verbindet sich mit dem Wasser und verwandelt es in Dampf, der elastisch genug ist, um den mittleren Druck der Atmosphäre zu überwältigen. — Wasser ist wenigstens 2000mal dichter als Dampf. Wenn man Wasser bey einem gewöhn-

lichen Feuer kochen läßt, so kann die ihm dadurch mitgetheilte Hitze nicht alles Wasser zugleich in Dunst verwandeln. Ist aber die Wasserquantität in Verhältniß zu der Wärmequantität, die ihm in einer gegebenen Zeit kann mitgetheilt werden, klein oder gering, so geht die Verwandlung des Wassers in Dampf viel geschwinder vor sich, ja man kann es bewirken, daß sie augenblicklich erfolgt, und in diesem Falle verursacht sie eine sehr große Ausdehnung oder eine Explosion. Dies geschieht unter furchtbaren Wirkungen, wenn Wasser auf große Quantitäten von rothglühenden oder geschmolzenen Metallen fällt, und der Graf Rumford schreibt mit Recht die ungeheure Kraft, mit welcher Schießpulver wirkt, der plötzlichen Verwandlung jener Wasserquantität, die gewöhnlich oder von selbst sich in die Zusammensetzung des Pulvers einmischt, in Dampf zu. *)

Bey der Temperatur von 212 Grad kann Wasser den mittleren Druck der Atmosphäre vollkommen überwältigen. Ueber diesem Grade wird der Dampf immer weiter und weiter ausgedehnt oder er wird immer mehr elastisch, je größer der Grad der Wasserhitze wird. Unter 212° aber kann das Wasser den Druck der Atmosphäre nur zum Theil überwältigen; daher sieht man auch in der That von einer Wasserquantität schon lange vorher, ehe sie anfängt zu sieden, Dampf aufsteigen.

Die zur Ueberwältigung des Drucks der Atmosphäre bey verschiedenen Temperaturen erforderlichen verschiedenen Kräfte, sind vorzüglich vermittelst der folgenden Vor-

*) Man sehe dessen sehr sinnreiche Abhandlung und Berechnung in den philosophischen Transactionen für das Jahr 1797. Art. XII.

richtung *) innerhalb gewisser Grenzen mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt worden.

A, Fig. 5. Taf. XVIII. ist ein Gefäß, das auf einem kleinen Ofen B steht. Es ist mit drey Oeffnungen versehen; die eine ist bey o, in welche die gebogene und offene Glasröhre otgr gepaßt wird; die andere ist ein Loch s, in welchem ein fest anschließendes Thermometer th angebracht ist, und die dritte ist die Röhre xx, welche mit dem Hahne b versehen ist. Der untere Theil der Glasröhre ist bis mgz mit Queckſilber angefüllt. Das Gefäß A hat, wenn der Hahn verschlossen ist, keine Kommunication mit der äußeren Luft; es ist also einleuchtend, daß, wenn die Luft in dem Gefäße verdünnt wird, der äußere Druck der Atmosphäre das Queckſilber in dem Schenkel rg niederdrücken und folglich zwingen muß in dem Schenkel gk zu steigen, so daß nun der Unterschied der senkrechten Höhe zwischen den Oberflächen des in den beyden Schenkeln stehenden Queckſilbers, den Grad der Verdünnung in dem Gefäße, oder den Unterschied des Drucks zwischen der inneren und äußeren Luft anzeigt. *) Und im Gegentheile wird, wenn die Elasticität der in dem Gefäße befindlichen Flüssigkeit vermehrt wird, das Queckſilber in dem Schenkel gk fallen und in dem Schenkel gr steigen; und in diesem Falle zeigt der Höhenunterschied in den beyden Schenkeln die Kraft der in dem Gefäße befindlichen elastischen Flüssigkeit an, so daß man also,

*) Dieser Apparat ist eine Erfindung des Chevaliers von Belancourt. Man sehe De Prony's Architect. Hydraul. B. 1. S. 557.

**) Man sehe hiebey nach, was im zweyten Bande über die Messer der Luftpumpe ist gesagt worden.

wenn dieser Unterschied der senkrechten Höhe der wirklichen Höhe des Queckſilbers in dem Barometer gleich ist, den Schluß machen kann, daß die Kraft der elastischen Flüssigkeit in dem Gefäße dem Drucke der Atmosphäre gleich ist u. s. w.

Wird nun in das Gefäß A etwas Wasser gefüllet und erwärmt, so wird die Temperatur desselben durch das Thermometer th, dessen Skale über das Gefäß hervorsteht, angegeben, und die Erhöhung des Queckſilbers in dem Schenkel gr über die Oberfläche des Queckſilbers in dem Schenkel kg giebt die jener Temperatur entsprechende Kraft des Dampfes an. *)

*) Was die Resultate der Versuche betrift, so will ich nur einiger weniger in folgender Tabelle angegebener erwähnen, aus denen man die Kraft für die mittleren Grade der Wärme leicht ersehen kann. — Die erste Kolumne enthält die Temperatur des Wassers nach Graden der Fahrenheitischen Skale, und die zweyte enthält in Zollen und Linien die entsprechenden Queckſilberhöhen, die sie trägt.

50°	0, 106
100	1, 600
150	6, 715
160	8, 740
170	11, 400
180	14, 709
190	18, 227
200	22, 703
212	29, 89

angenommen daß das Barometer auf seiner mittleren Höhe, nemlich 29, 89 stehe.

Ueber dem Siedepunkt verdoppelt beynahe jeder hinzugekommene 30ste Wärmegrad die Elasticität des Dampfes, so daß bey der Temperatur von 242° die elastische Kraft des Dampfes dem Druck von zwey Atmosphären; bey 272° von vier Atmosphären; bey 302° von acht Atmosphären u. s. w. gleich ist.

So wie der Wasserdampf, um die elastische Form anzunehmen, den Druck der Atmosphäre mehr oder weniger überwältigen muß, so widerstrebt offenbar auch der Druck der Atmosphäre der Reduction des Wassers in Dampf, oder dem Kochen desselben. Je nachdem also jener Druck verändert wird, das heist: je nachdem das Barometer hoch oder niedrig steht, erfordert auch das Wasser, um zu sieden, einen größeren oder geringeren Grad von Wärme. Daher siedet das Wasser auf Bergen bey einer niedrigeren Temperatur als in den Ebenen *) und in verschlossenen Gefäßen und unter einem vermehrten Druck kann Wasser bis zu einem viel höheren als bis zu dem 212ten Grade erhitzt werden. **)

*) Die wirklichen und genauen Grade der Wärme: bey welchen Wasser bey verschiedenen Barometerhöhen, nach De Lücs und Schuickburghs Beobachtung, siedet, zeigt, nach Fahrenheitischem Thermometer, folgende Tabelle.

Barometer-Höhe.	Hitze des kochenden Wassers nach	
	de Lúc	Schuickburgh.
26,	205, 17	204, 91
26, 5	206, 07	205, 82
27,	206, 96	206, 73
27, 5	207, 84	207, 63
28,	208, 69	208, 25
28, 5	209, 55	209, 41
29,	210, 38	210, 28
29, 5	210, 20	211, 15
30,	212, 00	212, 00
30, 5	212, 79	212, 85
31,	213, 57	213, 69

**) In einem verschlossenen starken Gefäße kann Wasser selbst rothglühend gemacht werden und in diesem Zustande bekömmt es eine außerordentliche Expansivkraft und zugleich auch eine so stark auflösende Kraft, daß es selbst Knochen auflösen kann. Von dieser Eigenschaft, hat ein zu diesem Versuche geschicktes Gefäß, das sehr genau und fest verschlossen werden kann, die Benennung eines Digestors, und von seinem Erfinder, Papins Digestor bekommen.

Die besondere Eigenschaft des Wassers, daß es bey seinem Kälterwerden von dem 40° an abwärts, in eben dem Verhältnisse immer leichter wird, in welchem es kälter wird, ist ein offenbarer Beweis von der Weisheit des Schöpfers und ein für die Erhaltung des thierischen und vegetabilischen Lebens höchst wichtiger Umstand.

So wohl Thiere als Pflanzen müssen zu allen Jahreszeiten eine Quantität von flüssigem Wasser haben. Wenn im Winter die kalte Luft macht, daß das Wasser gefriert, so reicht diese Wirkung selten tiefer als zwey oder drey Fuß; tiefer hinab bleibt das Wasser flüssig und die Eisrinde selbst trägt dazu bey, daß diese Flüssigkeit erhalten wird. Ohnfehlbar verhindert die Wärme, welche die Erde während des Sommers erlangt hat, die Bildung des Eises über einer gewissen Tiefe hinaus. Würde aber mit der zunehmenden Kälte des Wassers auch zugleich die eigenthümliche Schwere desselben vermehrt, und wäre Eis wirklich schwerer als Wasser, so würde die Wärme der Erde nicht mehr hinreichend seyn dies gänzliche Gefrieren des Wassers aller Seen, Meere u. s. w. zu verhindern. „Denn, sagt ein vor„trefflicher Schriftsteller, da die Wassertheilchen, „wenn sie auf der Oberfläche erkältet werden, vermöge „der Vermehrung ihrer eigenthümlichen Schwere, da sie „einen Theil ihrer Wärme verlohren, unmittelbar zu Bo„den sinken würden, so würde der größte Theil der wäh„rend des Sommers in der Erde, auf welcher das Wasser „steht, gesammelten Wärme entfernt werden und verloh„ren gehen, ehe das Wasser anfangen würde zu frie„ren, und wäre das Eis einmal gebildet, so würde „seine Dicke mit großer Schnelligkeit zunehmen und „würde den ganzen Winter hindurch immer mehr zuneh„men, und es ist sehr wahrscheinlich, daß in Klimaten, „welche jetzt zu den gemäßigten gehören, das Wasser

„in großen Seen während eines strengen Winters bis „zu einer solchen Tiefe gefrieren würde, daß die Wär„me des darauf folgenden Sommers nicht im Stande „seyn würde es aufzuthauen. Und wäre dies einmal „geschehen, so würde der darauf folgende Winter höchst „wahrscheinlich die ganze Wassermasse der Erde in ei„nen festen Eisklumpen verwandeln, der seine flüssige „Form nie wieder erlangen könnte, sondern bis an das „Ende der Zeiten unbeweglich bleiben müßte" *).

Es ist bereits bemerkt worden, daß, obgleich Eis bey 32° schmilzt, doch Wasser nicht bey 32° gefriert, sondern, daß es noch um einige Grade kälter werden muß, ehe es die feste Form annehmen kann. Und dies ist auch der Fall in Ansehung des Queckſilbers, dies erträgt nemlich eine Kälte, die noch einige Grade unter — 40° ist.

Verschiedene Thatsachen die bey mehreren darüber angestellten Versuchen beobachtet worden, haben ein ziemlich helles Licht über diese sonderbare Erscheinung verbreitet, aber wir sind noch sehr weit davon entfernt, die wahre Ursache davon zu kennen.

Es ist oft versichert worden, daß gekochtes Wasser schneller gefriere, als ungekochtes und dies kann wohl in Ansehung unreinen Wassers wahr seyn, denn da ei„ne Beymischung von Salzen, oder Erden, oder Alkalien u. d. gl. m. macht, daß das damit geschwängerte Was„ser nicht so leicht gefriert als reines Wasser, so mag wohl das Kochen einen Niederschlag oder eine Verdun-

*) Man sehe des Grafen Rumfords siebenten Versuch, in welchem dieser Gegenstand weitläuftig abgehandelt und aus verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet wird.

stung des Salzes, der Erde u. s. w. bewirken und machen, daß es, indem es dadurch in einen reineren Zustand versetzt worden, leichter gefriert. Das Kochen des reinen, das heist, des destillirten Wassers aber, welches dasselbe blos mehr von Luft zu befreyen scheint, macht es zuverläßig weniger geschickt zu gefrieren; denn man hat oft Wasser, das auf diese Art von Luft befreit worden, noch verschiedene Grade unter 32°, ja selbst bis zu 14° erkältet, ehe man es zum Gefrieren bringen konnte *).

Wenn Wasser um so viel Grade unter 212° erkältet worden, als es ohne zu gefrieren ertragen kann, so kann das Gefrieren desselben durch mancherley Mittel beschleuniget werden, zum Beyspiele: durch einen plötzlichen Schlag oder Stoß an die Seiten des Gefäßes; durch Berührung der Oberfläche des Wassers mit einem Stück Eis; indem man ein großes Stück Metall mit der Außenseite des Gefäßes in Berührung bringt u. d. gl. m. Dann schießen auf eine sehr auffallende Art und fast augenblicklich Krystallen an und das Wasser bekömmt eine feste Gestalt, und ist die Kugel eines Thermometers hineingesteckt worden, so steigt dieses unmittelbar auf 32°. **) Eine ähnliche Wirkung bringt das Gefrieren des Queckſilbers hervor.

Die Beymischung von salzigten und verschiedenen anderen Substanzen macht, daß das Wasser erst auf ei-

*) Man sehe De Lucs Ideen über die Meteorologie B. II. S. 105. In der Atmosphäre fängt jedoch das Wasser an zu gefrieren, wenn die Temperatur der Atmosphäre ein wenig unter 32° ist.

**) Zur weiteren Erläuterung dieser Eigenschaft des Wassers sehe man die philosophischen Transactionen für 1788 Art. X., wo man auch zugleich die Hypothesen findet, die zur Erklärung dieser Erscheinung sind aufgestellt worden.

nem niedrigeren Punkte oder Grade gefriert. Und ob es gleich unmöglich ist alle die unzähligen Beobachtungen, die man in Ansehung der bis ins Unendliche gehenden Combinationen des Wassers mit anderen Substanzen gemacht hat, zu untersuchen, will ich doch hier die Hauptsächlichsten, die Gefrierung des Salz- oder See-Wassers betreffenden Erscheinungen, weil sie allgemeiner wichtig sind, anführen.

Meerwasser, von dem man nach einem Mittel annehmen kann, daß es $\frac{1}{28}$ seines Gewichtes Salz enthalte, *) muß bis gegen 0° erkalten, ehe es gefrieren kann. Eine Mischung zu künstlicher Kälte von drey Theilen von gestoßenem Eise und von zwey Theilen von gemeinem Salze, welche das Thermometer bis zu — 4° **) herabbringen wird, ist völlig zureichend, es gefrieren zu machen.

Eine Quantität Meerwasser wird nie ganz zu Eis, sondern es bleibt ein Theil davon immer flüssig, und, was sehr merkwürdig ist, dieser flüssigbleibende Theil ist ungleich mehr mit Salz geschwängert und viel widerlicher oder unschmackhafter, als der gefrorne Theil, so daß man, wenn man diesen Theil von jenem absondert und zergehen läßt, findet, daß er viel weniger Salz u. s. w. enthält, als vor dem Gefrieren. Wenn man dieses Wasser der ersten Reinigung noch einmal gefrieren läßt, wozu ein geringerer Grad der Kälte erforderlich ist, so läßt es auch eine flüssige Portion zu-

*) S. D. Watson's chemische Versuche B. 2. Vers. 4.

**) Das negative Zeichen, nemlich ein Strich vor der Zahl der Grade, zeigt an, daß die Grade unter 0 der Skale zu verstehen sind.

rück, die ebenfalls mehr Salz enthält als der gefrorne Theil und von diesem geschieden werden kann. So kann man, indem man das Meerwasser wiederholt gefrieren läßt, und jedes mal den flüssigen von dem gefrornen Theile abgießt, zuletzt ein vollkommen gereinigtes, trinkbares und zu anderen Zwecken dienliches Wasser erhalten. Man hat gefunden, daß Meerwasser, welches man auf diese Art sechsmal hinter einander hat gefrieren lassen, vollkommen süß geworden ist, Seife aufgelöst und mit dem Regenwasser beynahe einerley eigenthümliche Schwere bekommen hat, so daß es sich in Ansehung derselben zu diesem, wie 7801 zu 7800 verhalten.

Nach diesen Erfahrungen erklärt sich's sehr gut, wie einige Seefahrer das geschmolzene Eis vom Meerwasser nicht trinkbar haben finden können, indessen es andere sehr süß und nützlich gefunden haben, wie dies von dem Kapitain Cook bei seiner Fahrt um den Süd-Pol wirklich geschah.

Es ist nun nothwendig, auch noch das nöthige über die Ausdehnbarkeit der luftförmigen Flüssigkeiten zu sagen. Ich werde mich jedoch in Ansehung derselben fast allein auf die gemeine Luft einschränken, weil die mancherley Versuche, die man mit permanent elastischen Flüssigkeiten angestellt hat, keinesweges beweisend sind, da sie blos dargethan haben, daß Wasserstoffgas durch die Wärme beträchtlich stärker als gemeine Luft ausgedehnt wird.

Das Instrument, durch welches der Grad der Ausdehnung der Luft bestimmt wird, hat man Manometer, (Dichtigkeitsmesser,) genannt, aber es ist in der That blos ein Luft-Thermometer, das, ob es gleich

größer ist, doch dem gewöhnlichen Thermometer nicht unähnlich ist, indem es nemlich aus einer fünf oder sechs Fuß langen Röhre besteht, die an dem einen Ende eine Kugel hat, an dem anderen aber offen ist. Die Hohlung der Röhre beträgt im Durchmesser ohngefähr den zwanzigsten Theil eines Zolles. An irgend einem Theile derselben wird eine kleine Quantität Queckſilber angebracht, da denn die in der Kugel befindliche Luft, indem sie durch die Wärme ausgedehnt wird, das Queckſilber nöthiget sich nach dem offenen Ende der Röhre zu bewegen. Der Wärmegrad, welchem das Manometer ausgesetzt wird, wird vermittelst eines Thermometers bestimmt; die Quantität der Ausdehnung der Luft aber wird dadurch bestimmt, daß man das Manometer gehörig einrichtet und an der Röhre Zeichen macht, welche Theile der Hohlung der Röhre anzeigen, die der Hohlung des Manometers proportional sind, zum Beyspiele 100ſte, 1000ſte u. ſ. w. Man sehe hiezu: Fig. 6. Taf. XVIII.

Wenn man dem Manometer, es sey nun daß dabei die Kugel aufwärts oder abwärs zu stehen kömmt, eine horizontale oder vertikale Richtung giebt, so kann man bewirken, daß die Luft in demselben entweder ihre natürliche Dichtigkeit behält, oder auch daß sie verdichtet oder verdünnt wird. Denn wenn das Manometer in horizontaler Lage bleibt, so drückt das Queckſilber a b, weder auf die Luft des Manometers, noch auch auf die atmosphäriſche Luft. Wird die Kugel unterwärts gerichtet, so drückt das Queckſilber a b gegen die Schwere der Atmosphäre und wirkt ihr in gewisser Maaße entgegen. Dieser Druck so wohl als diese Verdünnung der Luft innerhalb des Manometers kann also bis zu jedem beliebigen Grad dadurch vermehrt werden, daß man die in der Röhre befindliche Queckſilberquantität a b vermehrt und so kann daher durch dieſes

Instrument die Ausdehnbarkeit von gemeiner, oder verdichteter oder verdünnter Luft probirt und untersucht werden.

Der Grad der Luftausdehnung, die durch einerley Wärmegrade bewirkt wird, ist nach dem Verhältnisse ihrer Dichtigkeit und der Quantität von Feuchtigkeit, die sie enthält, verschieden, auch ist die Vermehrung ihres Volumens den Temperaturgraden nicht proportional.

Die zahlreichen Versuche des Generals Roy zeigen, *) daß 1000 Theile Luft, welche die Dichtigkeit der gemeinen atmosphärischen Luft bei 0° Wärme hat, bey 212°, 1484,21 werden, das heist: durch 212° Wärme 484, 21 ausgedehnt werden.

1000 Theile Luft, auf welche $2\frac{1}{2}$ Atmosphären drükken, werden durch 212° Wärme um 434 solcher Theile ausgedehnt.

1000 Theile Luft, auf welche nur $\frac{1}{5}$ einer Atmosphäre drücken, werden durch 212° Wärme beynahe um 484 solcher Theile ausgedehnt.

1000 Theile Luft, die von $\frac{1}{5}$ einer Atmosphäre gedrückt werden, werden von 180° Wärme, also von dem Gefrierpunkt bis zu dem Siedepunkt, ohngefähr um 141 Theile ausgedehnt.

„Nach diesen letzten Versuchen," sagt General Roy, „scheint es, daß die Lufttheilchen durch die Verminderung des Druckes in dem Grade von einander entfernt

*) Philosophische Transactionen B. 67. Art. 34.

„werden, daß sie einen großen Theil ihrer elastischen „Kraft verlieren.

Die angegebenen Ausdehnungsverhältnisse sind aber keinesweges regelmäßig, das heist: sie sind nicht der Zahl der Wärmegrade proportional. Das Maximum von Ausdehnung hat zwischen 52° und 72° statt und das Minimum ist beständig bey dem Siedpunkt des Wassers.

Feuchte Luft dehnt sich viel stärker aus als trockne, besonders wenn sie dem Siedpunkte des Wassers nahe kömmt, sie wird nemlich zwischen 192° und 212° gegen acht bis neun Mal stärker ausgedehnt, als es trockne Luft unter ähnlichen Umständen wird.

Aus alle dem, was bisher in Bezug auf die Ausdehnung von Flüssigkeiten ist gesagt worden, ergiebt es sich, daß wegen der großen Unregelmäßigkeit in Ansehung des Verhältnisses der Ausdehnung, Queckſilber und Weingeist die beyden einzigen Flüssigkeiten sind, die zu Thermometern können gebraucht werden, so jedoch, daß man dabey nicht vergessen muß, daß auf der Skale des Weingeistthermometers etwas zugegeben werden muß, um sie mit der Skale des Queckſilberthermometers übereinstimmend zu machen. Das Queckſilberthermometer aber kann keine Temperatur angeben die über 600° steigt. Daher haben verschiedene scharfsinnige Männer versucht Instrumente zu erfinden, welche auch die höheren Wärmegrade anzeigen könnten, weil eine solche Erfindung für die Physik, die Chemie und die Künste die größten Vortheile gewähren müßte. Allein die mir bekannt gewordene einzige nützliche Erfindung dieser Art, verdankt man dem verstorbenen Wedgwood. Dieser scharfsinnige Mann benutzte zur Bestimmung hoher Wär-

megrade eine besondere Eigenschaft thonigter Körper, die man bey einer jeden Art derselben, so weit sie nemlich sind untersucht worden, in größerer oder geringerer Maaße findet. Diese Eigenschaft besteht nemlich darinn, daß eine thonigte Substanz, wenn sie dem Feuer ausgesetzt wird, dadurch ein kleineres Volumen bekömmt oder zusammengezogen wird, und daß das Volumen derselben, auch dann wenn sie erkaltet ist, sich nicht wieder vergrößert. Diese Verminderung des Volumens oder körperlichen Inhalts nun steht mit dem Grade der Hitze, dem die Substanz ausgesetzt worden, im Verhältniß.

Es könnte scheinen, als ob diese Eigenschaft eine Ausnahme von der allgemeinen Regel mache: daß die Wärme alle Arten von Körpern ausdehnt und daß eine Verminderung von Wärme die Dimensionen derselben verkleinert oder zusammenzieht; allein man muß in unserem Falle bedenken, daß die Thonstücken darum zusammen gezogen werden und auch zusammen gezogen bleiben, weil irgend eine Substanz, nemlich Wasser und einige luftförmige Flüssigkeit, durch die Wirkung des Feuers aus ihnen geschieden worden.

Wedgwoods Thermometer oder Vorrichtung zur Bestimmung hoher Wärmegrade besteht aus kleinen Thonstücken von bestimmter Länge, die in einen Ofen, einen Schmelztiegel u. s. w. gelegt werden, dessen Wärmegrad bestimmt werden soll, und aus einem Messer oder Maaßstabe, um die zusammengezogenen Thonstücken zu messen, nach dem sie dem Feuer ausgesetzt worden.

Fig. 7. Taf. XVIII. ist der Messer abgebildet, der entweder von Messing oder von Porzellan ist. Fig. 8. ist ein Durchschnitt (Section) davon, und die Buchsta-

ben beziehen sich auf die gleichen Theile beyder Figuren. E F H G ist eine glatte flache Platte; A C und B D sind zwey Lineale, oder flache, einen Viertelszoll dicke Stäbe, die auf der Platte gut befestiget und so gegen einander gerichtet seyn müssen, daß sie einen konvergirenden oder spitzig zulaufenden Kanal oder Nute A B C D bilden, dessen Weite bey C D drey Fünftheile der Weite bey A B beträgt. Die ganze Länge des Kanals von A B bis zu C D ist in 240 gleiche Theile getheilt und diese Abtheilungen sind von dem weiteren Ende an nach dem engeren zu nummerirt. Wird nun ein Körper so eingerichtet, daß er, wenn er noch ungebrannt ist, ganz genau in das weitere Ende des Kanales paßt, so ist einleuchtend, daß er, wenn sein Volumen durch die Einwirkung des Feuers vermindert worden, (wie dies in Ansehung der sogleich näher zu beschreibenden thermometrischen Körper der Fall ist,) dann weiter in dem Kanale müsse fortgeschoben werden können und zwar immer weiter, je kleiner sein Volumen wird.

Die thermometrischen Körper oder Stücken, bestehen aus kleinen Thoncylindern, die an der einen Seite etwas geplattet sind. *) Sie halten beynahe eben so

*) Da verschiedene Thonarten durch gleiche Wärmegrade doch verschieden zusammengezogen werden, so bemühte sich Wedgwood eine Art von thonigter Substanz ausfündig zu machen, die sich in Ansehung des Grades der Zusammenziehung gleich bliebe, oder sich immer gleichförmig zusammenzöge. Nach vielen darüber angestellten Versuchen fand er, daß eine Mischung von zwey Theilen Cornwallischem Porzellanthon und einem Theile Alaunerde eine Substanz gebe, welche die verlangte Eigenschaft besitzet.

Die Alaunerde bekömmt man dadurch, daß man den Alaun in Wasser auflöst, ihn mit einer Solution von feuerbestän-

viel im Durchmesser als ihre Länge beträgt. Wenn eins dieser Stücken soll gebraucht werden, so muß man es vorher messen, indem man es bey A B zwischen die beyden Lineale legt, weil diese Stücken zuweilen um einige Grade größer oder kleiner sind als der Raum A B zwischen beyden Linealen, und ist dieser Ueberschuß berichtiget, so muß er bey dem Versuche in Anschlag gebracht werden. P ist eines dieser Stücken, das auf den Maaßstab oder zwischen die Lineale gelegt worden, um gemessen zu werden.

Wenn dies geschehen ist, so wird es herausgenommen und in den Ofen oder Schmelztiegel gelegt,*) und wenn es auch aus diesem, entweder nach vollendeter Operation, oder zu einer anderen beliebigen Zeit, herausgenommen worden und nach dem Erkalten desselben, wieder zwischen den Linealen gemessen wird, indem man es nemlich zwischen beyden so weit hinabschiebt, als es der Umfang desselben erlaubt, so zeigt nun die, an der Stelle, wo es nicht weiter kann geschoben werden, bemerkte Zahl der Abtheilungen, wie stark es zusammengezogen worden und folglich dadurch zugleich den Grad der Hitze, dem es ausgesetzt gewesen. Man wird finden, daß diese Stücken, wen sie einer sichtbaren Rothglüh-Hitze ausgesetzt gewesen, zwischen den beyden Linealen nur sehr wenig tiefer als o hinabgehen werden;

digem Alkali niederschlägt und die Erde wiederholt in reichlichen Quantitäten von kochendem Wasser wäscht.

Die beyden Erden müssen gut durch einander gemischt werden, dann giebt man dem Teige die Gestalt eines Zylinders, vermittelst einer Forme und zerschneidet ihn nun in Stücken von der gehörigen Länge, sie werden auch einem schwachen, blos rothglühenden Feuer ausgesetzt, um ihnen etwas Härte zu geben.

*) In gewissen Fällen ist es besser den thermometrischen Körper nicht selbst in das Feuer unmittelbar zu legen, sondern ihn in einem kleinen Schmelztiegel, oder einer Kapsel aus Schmelztiegelerde demselben auszusetzen. Dadurch wird das Anhängen fremder Stoffe an den Körper u. s. w. verhütet.

daß sie bis zu 27° gehen, wenn sie einer Hitze, in welcher Kupfer schmilzt; bis zu ohngefähr 90°, wenn sie der Hitze, in welcher Eisen glüht und bis ohngefähr zu 160°, wenn sie der größten Hitze, die man in einem gut gebauten gewöhnlichen Luftofen durch verkohlte Steinkohlen hervorbringen kann, ausgesetzt werden u. s. w.

Ein schon als Maaßstab gebrauchter thermometrischer Körper, kann zwar wieder zur Bestimmung höherer Wärmegrade, nie aber zur Angabe geringerer, gebraucht werden.

Es ist nun noch übrig zu zeigen, in welchem Verhältnisse die Skale dieses beschriebenen Thermometers zu der Skale des Fahrenheitschen Queckſilberthermometers stehet.

Da die höchste Temperatur, die das Queckſilberthermometer angeben kann, die von 600° ist, und das Wedgwood'sche Thermometer keine niedrigere Temperatur als die der Rothglühhitze, welche um verschiedene Grade höher als 600° ist, zeigen kann, so wurde es nothwendig einen Maaßstab für die, zwischen jenen beyden äußersten Punkten liegenden Grade, der einige Grade unter 600° und einige Grade über die Temperatur der Rothglühhitze reichte, zu erfinden. Wedgwood wählte dazu ein Stück Silber, dessen Ausdehnung, die er durch einen Maaßstab, der dem Fig. 7 abgebildeten ähnlich war, bestimmte, die Grade der Temperatur zwischen den beyden Thermometern anzeigen und vergleichen könnte. Mit diesem Instrumente fand er zuerst, welche Grade der Fahrenheit'schen und der Wedgwood'schen Skale mit einander übereinstimmen, indem er sie wechselsweise in Wasser von einer Temperatur von 58° und

in kochendes Wasser steckte; dann fand er auch, welche Grade des silbernen Maaßstabes und der irdenen thermometrischen Körper einander entsprachen, indem er beyde zu gleicher Zeit auf verschiedene und höhere Wärmegrade brachte und endlich bestimmte er auch durch Berechnung nach diesen Resultaten, welche Grade der Fahrenheit'schen Skale und seines eigenen thermometrischen Maaßstabes einander entsprachen *).

Auf diese Art fand er, daß 1° von Wedgwood's Thermometer, 130° des Fahrenheit'schen gleich ist, und daß die 0 des Wedgwoodschen Thermometers mit 1077°,5 von Fahrenheits Thermometer zusammentrifft oder coincidirt. Nach diesen Datis nun kann man die beyden Thermometer, oder besser: die angenommenen oder in Gedanken fortgesetzten Verlängerungen ihrer beyden Skalen, vergleichen. Ich sage: die angenommenen, oder in Gedanken fortgesetzten Verlängerungen, weil in der That Fahrenheits Thermometer nicht über 600° angeben und Wedgwood's Thermometer nicht einmal so weit herabgehen kann. Auch muß man in Ansehung dieser Vergleichung noch bemerken, daß dabey vorausgesetzt wird, daß die Grade der Wedgwood'schen Skale immer gleiche Wärmevermehrung anzeigen, da man doch in der That nicht weiß, ob sich die thermometrischen

*) Dieser Maaßstab von Silber kann bey chemischen und anderen Processen nicht zur Bestimmung der Mittelgrade zwischen den Fahrenheitischen und Wedgwoodschen Thermometern gebraucht werden, weil das Silber, wenn es durch die Wärme ausgedehnt worden, nicht in diesem Zustande beständig bleibt, sondern durch das Kaltwerden zusammengezogen wird; es muß also, da es noch warm ist, gemessen werden und in dieser Absicht muß der Maaßstab selbst wirklich eben dem Grade der Wärme ausgesetzt werden, welches aber mit sehr großen Unbequemlichkeiten verbunden ist.

thonigten Körper im Verhältnisse zu den Wärmevermehrungen zusammenziehen oder nicht. — Es ist also nicht zu läugnen, daß, obgleich dieses Thermometer zur Bestimmung der höhern Wärmegrade, das beste ist, das wir bis jetzt kennen, doch eine Verbesserung desselben, oder die Erfindung eines anderen anwendbaren genaueren Instrumentes dieser Art, höchst zu wünschen ist.

Aus dem bisher gesagten ergiebt sich: daß man mit dem Weingeistthermometer, die Wärmegrade, — es sey nun bey natürlicher oder künstlicher Kälte, — so tief hinab messen kann, als die jedesmalige Temperatur erfordert; daß uns das Queckſilberthermometer in den Stand setzt die Wärme von — 40° bis zu 600° zu messen; und daß man mit Wedgwoods Thermometer von der Rothglühhitze aufwärts an dieser Skale, und zwar bis zu dem 240sten Grad derselben, welches 32277° der Fahrenheit'schen Skale gleich gerechnet wird, die Temperatur bestimmen kann. *)

Die folgende Tabelle giebt eine Vergleichung zwischen Fahrenheit's und Wedgwood's Thermometer und stellt zugleich eine beträchtliche Anzahl besonderer Wirkungen oder Erscheinungen dar, die bey besonderen Wärmegraden sind beobachtet worden.

	Fahrenheit	Wedgwood
Endpunkt der Skale des Wedgwood'schen Thermometers	32277°	240°
Größte Hitze eines Luftofens von 8 Zoll im Durchmesser, die Nan-		

*) Wer Wedgwoods Thermometer noch genauer kennen zu lernen wünscht, der sehe in den philosophischen Transactionen B. 72. Art. 19. B. 74. Art. 27. und B. 76. Art. 22 nach.

	Fahrenheit	Wedgwood
Kemporzelan weder schmelzte noch erweichte. " "	21877°	160°
Chinesisches Porzellan wurde weich [beste Sorte	21357	156
[geringere Sorte	15600	120
Gußeisen (pigiron) schmelzte völlig	20200	150
Bristoler Porzelan widerstand "	18627	135
Gußeisen (pigiron) fängt an zu schmelzen " "	17977	130
Größte Hitze einer gemeinen Schmiedeesse " "	17327	125
Größte Hitze eines Glasplatten Ofens " "	17197	124
Bow Porzelan verglast " "	16807	121
Stärkste Hitze eines Flintglasofens	15897	114
Derbysches Porzelan verglast "	15637	112
Chelsea'er Porzelan verglast "	14727	105
Steingut buck in " " "	14337	102
Worcester Porzelan verglast " "	13297	94
Schmiedehitze des Eisens [größte	13427	95
[geringste	12777	90
(Milchfarbnes) schmutzigweises Steingut buck in " " "	12257	86
Flintglasofen (schwache Hitze) "	10177	70
Wärme zur Verfertigung von Glasplatten " " " "	8487	57
Delfter Steingut buck in "	6467	41
Feines Gold schmilzt " "	5237	32
Hitze zum Setzen des Flintglases	4847	29
Feines Silber schmilzt " "	4717	28
Schwedisches Kupfer schmilzt "	4587	27
Messing schmilzt " " " "	3807	21
Hitze zum Einbrennen der Emaillefarben " " " "	1857	6
Am Tage vollkommen sichtbares Rothglühen " "	1077	0
Queckfilber, Leinsamenöl und andere ausgepreßte Oele sieden "	600	
Die Oberfläche des polirten Stahls nimmt eine einförmige dunkelblaue Farbe an "	580	

	Fahrenheit.
Terpentinöl kocht	560°
Schwefelsäure kocht	546
Bley schmilzt	540

Die Oberfläche des polirten Stahles nimmt eine blasse Strohfarbe an *); es ist dies auch der beste Grad der Hitze, zu welchen gehärtete Federmesserklingen und andere Instrumente mit feinen Schärfen, um die gehörige Härte zu bekommen, müssen gebracht werden; auch schmilzt bey ihm Wismuth und auch eine Mischung von vier Theilen Bley und einem Theil Zinn 460

Zinn schmilzt **)	408

Wärmegrad bis zu welchem gehärtete Barbiermesser, um eine gute Härte zu bekommen, müssen gebracht werden 430

Eine Mischung von drey Theilen Zinn und zwey Theilen Bley; wie auch eine Mischung von zwey Theilen Zinn und einem Theil Wismuth schmilzt 334

Eine Komposition von gleichen Theilen von Zinn und Wismuth schmilzt 283

Salpetersäure kocht ***)	242
Eine gesättigte Salzsolution kocht ****)	218

*) Die zwischen 460° und 580° befindlichen Wärmegrade bringen auf dem Stahl nach und nach die Schattirungen von blassem Strohgelb bis zu Dunkelblau hervor.

**) „Ich habe einstmals, (sagt Cavendish in den philoso„phischen Transactionen B. 73. S. 313.) ein Thermometer „so lang in geschmolzenes Zinn und Bley gehalten, bis „diese Massen fest wurden; das Thermometer blieb von der „Zeit an, da das Metall an den Seiten des Gefäßes an„fieng hart zu werden, bis es ganz fest wurde, unveränderlich „auf einem Punkte stehen, aber ich konnte nicht bemerken, „daß es überhaupt unter diesen Punkt gesunken, oder daß es „gestiegen wäre, als das Metall anfieng hart zu werden."

***) Was den Gefrierpunkt dieser Säure betrift, darüber sehe man die philosophischen Transactionen B. 67. Art. 3.

****) Noch vor dem 212ten Wärmegrad wird etwas Luft ausgetrieben.

	Fahrenheit.
Wasser kocht, (das Barometer auf 30 Zoll stehend;) auch schmilzt eine Komposition von fünf Theilen Wismuth, drey Theilen Zinn und zwey Theilen Bley	212
Eine Komposition von drey Theilen Zinn, fünf Theilen Bley und acht Theilen Wismuth schmilzt noch (rather) unter	210
Alkohol siedet	174
Das Serum des Bluts fängt an zu gerinnen; so wie auch das Eyweiß	156
Wachs schmilzt	142
Fieberhitze von 107° bis zu	112
Zur Ausbrütung von Hühnereiern erforderliche Wärme	108
Die gewöhnlichste Wärme für ein angenehmes Bad	106
Wärme des inneren Bades zu Edinburg	100
Thierische oder Blutwärme von 96° bis zu	32
Wasser gefriert, oder besser: Eis fängt an zu schmelzen	00
Milch gefriert	30
Essig gefriert bey ohngefehr	28
Menschenblut gefriert	25
Starke Weine gefrieren bey ohngefehr	20
Eine Mischung von einem Theil Alkohol und drey Theilen Wasser gefriert	7
Eine Mischung von gleichen Theilen Wasser und Alkohol gefriert	7
Eine Mischung von zwey Theilen Alkohol und einem Theile Wasser gefriert	11
Queckſilber gefriert *)	39

*) Wenn das Queckſilber die feſte Geſtalt annimmt, ſo wird das Volumen oder der körperliche Inhalt deſſelben unregelmäßig zuſammengezogen. Ueberhaupt ſcheint es ohngefähr um $\frac{1}{23}$ ſeines Volumens zuſammengezogen zu werden, allein es iſt nicht möglich zu beſtimmen, um wie viel es durch eine größere Kälte kann zuſammengezogen werden. Das Queckſilber kann noch einige Grade unter ſeinem Gefrierpunkt zuſammengezogen werden, ehe es die feſte Geſtalt annimmt;

Feste Körper werden durch die Wärme viel weniger ausgedehnt als flüssige, und es scheint in der That ein Naturgesetz zu seyn, daß überhaupt weniger dichte Körper mehr als dichtere ausgedehnt werden. Indessen giebt es doch, und besonders unter den festen Körpern, verschiedene Ausnahmen von diesem Gesetze. So läßt sich zum Beyspiele, Wasserstoffgas stärker ausdehnen als gemeine Luft; gemeine Luft stärker als Weingeist; dieser stärker als Wasser; Wasser stärker als Queckſilber und Queckſilber stärker als Eisen. Allein Eisen läßt sich nicht so stark ausdehnen als Zinn, obgleich Zinn spezifisch leichter ist als Eisen.

Die Instrumente, deren man sich zur Bestimmung der Ausdehnungen fester Körper bedient, hat man Pyrometer, das heißt: Feuermesser, genannt, und man hat dergleichen unter vielerley Gestalten. Das Ganze besteht aus einer Maschine welche im Stande ist, auch kleine Grade der Ausdehnung fester Körper, dem Beobachter bemerklich zu machen und aus einer Vorrichtung, durch welche man den zu untersuchenden Körpern einen bestimmten Grad von Wärme geben kann. Die gewöhnlichste und auch in der That beste Art die Körper zu

sobald es aber anfängt hart zu werden, steigt das Thermometer auf seinen Gefrierpunkt, der an Hutchins Thermometer, nach den mit grofer Genauigkeit in der Hudsonsbay von ihm angestellten Versuchen, — 40 ist. „Da es sich aber, „(bemerkt Cavendish in den philosophischen Transactio„nen B. 73. S. 321), nach seiner Rückkehr bey der Unter„suchung dieses Thermometers ergab, daß — 40 an demsel„ben mit — $38\frac{2}{3}$ an einem nach der von dem Ausschuß der „königlichen Societät empfohlnen Art eingerichteten Thermo„meter, übereinstimmend seyen, so folgt daraus, daß alle „Versuche einstimmig beweisen, daß der wahre Punkt, bey „welchem das Queckſilber gefriert — $38\frac{2}{3}$, oder in ganzen „Zahlen 39° unter Null ist."

erwärmen ist die: daß man sie in Wasser legt, in welchem ein Thermometer angebracht ist und dann das Wasser durch Lampen erwärmt. — Die kleinen Ausdehnungen der erwärmten festen Körper hat man sichtbar gemacht erstlich: durch mehrere angebrachte Räder, oder durch Hebel, oder feine Schrauben, welche machen daß eine, dem einen Ende des Mechanismus mitgetheilte schwache Bewegung an dem anderen Ende desselben eine größere Bewegung hervorbringt; und zweytens: durch Mikroscope, welche die kleine Ausdehnung vergrößern. Diese letztere Art scheint auch in der That im Ganzen bey weitem die brauchbarste und sicherste zu seyn; denn Räder und Zapfen und selbst Hebel oder Schrauben bringen immer eine einigermaßen unsichere oder ungleiche Bewegung hervor, die von dem lockeren Zusammenhang von Zähnen und Zapfen, oder von dem Drucke (Stresl) und dem Biegen anderer Theile entsteht. *)

Wenn das Queckfilber fest wird, schieft es zuweilen in Krystallen oder Nadelähnlichen langen Faden an. Gefrornes Queckfilber hat eine große Dehnbarkeit, aber es scheint sich nicht vollkommen hämmern zu lassen. Man sehe die philosophischen Transactionen B. 73. Th. 2.

*) Muschenbroek scheint der Erfinder des Pyrometers gewesen zu seyn. Man sehe die Beschreibung seines Pyrometers und der von Desagulier dabey angebrachten Verbesserungen und gemachten Veränderungen in Desagulier's Experimental-Physik B. 1. S. 421. (Man findet auch eine Beschreibung desselben in Gehlers physikalischem Wörterbuche im dritten Bande unter dem Artikel Pyrometer, S. 556.)

Ellicot erfand eine andere Art des Mechanismus, der in den philosophischen Transactionen N. 443, (und auch in dem Gehlerschen Wörterbuche, unter dem angegebenen Artikel;) beschrieben ist. Mit diesem Pyrometer bestimmte er die verhältnißmäßigen Ausdehnungen von sieben metallischen Substanzen, die durch einerley Erhöhung der Temperatur waren hervorgebracht worden; sie sind folgende:

In Ansehung der Genauigkeit ist unstreitig das beste Instrument dieser Art, das von Ramsden erfundene Pyrometer, von dessen Einrichtung ich nun eine kurze Beschreibung geben will, indem ich den Leser, der eine vollständigere Beschreibung desselben zu haben wünscht, auf die in den philosophischen Transactionen enthaltene, verweise.

Der Metallstab, dessen Ausdehnung gemessen werden soll und der gerade fünf Fuß lang seyn mag, wird in eine kupferne Wanne gelegt, die ein wenig länger ist als fünf Fuß. Diese Wanne wird über zwölf mit Spiritus angefüllte Lampen gesetzt, deren Flammen Hitze genug geben, um das in der Wanne befindliche Wasser völlig bis zum Siedpunkt und folglich auch den in dasselbe gelegten Stab zu erhitzen.

In einiger Entfernung von der kupfernen Wanne, aber parallel mit ihr, werden zwey andere hölzerne,

Gold.	Silber.	Messing.	Kupfer.	Eisen.	Stahl.	Bley.
73.	103.	95.	89.	60.	56.	149.

Ein sehr einfaches Pyrometer, das aber geschickter ist die Ausdehnung von Metallen in Vorlesungen zu zeigen, als genaue Messungen damit zu machen, beschreibt Ferguson, in dem Supplemente zu seinen Vorlesungen.

Smeaton erfand ein Pyrometer, das vor allen bis dahin erfundenen den Vorzug verdient, und mit welchem er die Ausdehnbarkeit mehrerer Substanzen bis zu einem hohen Grade der Genauigkeit bestimmte. Man sehe den 48sten Band der philosophischen Transactionen Num. 79. (Auch das angeführte Wörterbuch.) De Luc's Pyrometer ist im 68sten Bande der philosophischen Transactionen (und in Gehlers Wörterbuche) beschrieben. Alle diese Erfindungen aber stehen dem Pyrometer nach, das der verstorbene Ramsden erfunden hat und von welchem man eine genaue und vollständige Beschreibung von dem General Roy Band 75. der philosophischen Transactionen findet.

ebenfalls mit Wasser angefüllte Wannen gestellt. Jede derselben enthält einen prismatischen Stab von gegossenem (cast) Eisen. An den beyden Enden des einen dieser Stäbe sind in horizontaler Richtung und senkrecht auf die Stäbe zwey Microscope befestigt. Das eine dieser Microscope ist mit einem Micrometer oder einer Vorrichtung, das vergrößerte Bild eines Gegenstandes zu messen, versehen. Das andere Microscop hat ein bloses Zeichen. Da es aber unzweckmäßig seyn würde, vor der Beschreibung der Microscope überhaupt, hier mehr ins Einzelne zu gehen, will ich blos bemerken, daß die Theile der Microscope, so wie auch die zur Bestimmung des Grades der Ausdehnung angebrachten Theilungsstriche oder Zeichen, an den Enden der gegossenen (cast) eisernen Stäbe sowohl, als auch an den Enden des zu untersuchenden Stabes so von einander getrennt und vertheilt sind, daß, wenn einer dieser Stäbe verlängert oder verkürzt wird, diese Veränderung deutlich durch die Microscope bemerkt und vermittelst des Micrometers gemessen werden kann. Man sieht daher leicht ein, daß dann, wenn die Temperatur der gegossenen prismatischen eisernen Stäbe unverändert erhalten wird, indeß die Temperatur des Stabes, der untersucht werden soll, erhöht wird, die Längenvermehrung, welche das Micrometer angiebt, diesem Stabe allein zukömmt. — Auf diese Art wurden die Ausdehnungen von sieben Substanzen gemessen und bestimmt. *)

Die folgende Tabelle zeigt in Theilen eines Zolles, wie sehr ein Fuß Länge von verschiedenen Substanzen durch eine Wärme von 180° zwischen dem Gefrierpunkt und dem Siedpunkte des Wassers ausgedehnt wird.

*) Die Tabelle dieser Ausdehnungen findet man S. 480 des 75sten Bandes der philosophischen Transactionen.

Den sieben ersten Substanzen, (die mit Ramsden's Pyrometer, welches bey weitem das genaueste ist, sind untersucht worden,) habe ich auch die Ausdehnungen für einen einzigen Wärmegrad beygesetzt. Die übrigen sind von Smeaton mit seinem Pyrometer bestimmt worden.

	Fahrenheits Skale	
	durch 1°	durch 180°
Normal-Messingscale, von Hamburgischem Messing	0,0001237	0,0222646
Englisches Plattenmessing, in Form eines Stabes	0,0001262	0,0227136
Dergleichen in Form eines Troges (through)	0,0001263	0,0227386
Ein Stahlstab	0,0000763	0,0137368
Gegossenes eisernes Prisma	0,0000740	0,0133126
Eine Glasröhre *)	0,0000517	0,0093138
Ein massiver Glasstab *)	0,0000539	0,0096944

Eine weiße gläserne Barometerröhre *)	0,0100
Eisenhaltiger Spiesglanzkönig	0,0130
Spröder (blistered) Stahl	0,0138
Gehärteter Stahl	0,0147
Eisen	0,0151
Wismuth	0,0167
Gehämmertes Kupfer	0,0204
Acht Theile Kupfer und ein Theil Zinn	0,0218
Gußmessing	0,0225
Sechzehn Theile Messing und ein Theil Zinn	0,0229
Messingdraht	0,0232
Spiegelmetall	0,0232

*) Bisweilen werden Glasröhren stärker ausgedehnt als massive Glasstäbe; indessen ist ihre Vergrößerung nicht immer übereinstimmend, denn wenn die Röhren verschiedene Durchmesser haben, oder nicht von einerley Art des Glases gemacht sind, so werden sie durch gleiche Wärmegrade doch verschieden ausgedehnt. S. die philosophischen Transactionen B. 67. S. 665.

Zinkloth bestehend aus 2 Theilen Messing und einem Theil Zink	0,0247
Feines Zinn	0,0274
Zinn	0,0298
Weiches Loth, bestehend aus 2 Theilen Bley und einem Theile Zinn	0,0301
Acht Theile Zink mit einem Theile Zinn, ein wenig gehämmert	0,0323
Bley	0,0344
Zink	0,0353
Zink	0,0373

Holz wird in die Länge, oder in der Richtung seiner Fibern, nicht stark durch die Wärme ausgedehnt; besonders gilt dies vom Tannenholz und anderem Holze, dessen Adern gerade laufen. Es ist wahrscheinlich, daß sich Holz überhaupt stärker in die Länge ausdehnt als Glas. Man hat beobachtet, daß sich gut getrocknetes und zeitiges Holz, wenn es nicht einer sehr hohen oder sehr niedrigen Temperatur ausgesetzt wird, in die Länge ziemlich regelmäßig ausdehnt, da sonst die Ausdehnung desselben durch die Wärme und seine Zusammenziehung durch die Kälte sehr unregelmäßig ist, und theils von der Wärme, theils von der Feuchtigkeit, die dem Holze unter gewissen Umständen mitgetheilt und unter anderen wieder entzogen werden, abhängt. *)

Die durch Wärme und Kälte bewirkte Ausdehnung und Zusammenziehung aller Substanzen und die beständige Veränderung der Temperatur, welcher die ganze Oberfläche der Erde und alles was auf derselben befindlich ist, unterworfen ist, macht daß jedes Theilchen der Materie, jede Fiber unsers Körpers, Metalle, Backsteine, Steine, Flüssigkeiten u. s. w. in einer beständi-

*) Man sehe D. Ritenhouse's Versuche in den Transactionen der amerikanischen physikalischen Gesellschaft.

gen Bewegung sind, ob gleich diese Bewegung uns sehr klein vorkommen mag, daher wird Wärme die allgemeine bewegende Ursache genannt und sie scheint wirklich das Ganze zu beleben.

Die Kenntniß von der verschiedenen Art der Ausdehnbarkeit der Körper gewährt in Ansehung der Mechanik mehrere bedeutende Vortheile. So würden zum Beyspiele, selbst gut eingerichtete Uhren einer beträchtlichen Unvollkommenheit unterworfen seyn, wenn nicht der Umstand, daß es in Ansehung der Ausdehnbarkeit Grade giebt, uns in den Stand setzte, ihr abzuhelfen. — Den Mechanismus von Pendeluhren, Taschenuhren u. s. w. zu beschreiben, das liegt außer den Grenzen dieses Werkes, indessen will ich doch hier den Vortheil kurz angeben, den jene Kenntniß für die Uhrmacherkunst haben kann.

Es ist einleuchtend, daß wenn das Pendel einer Uhr länger wird, auch die Schwingungszeit verlängert wird und folglich die Uhr langsamer geht. Das Gegentheil muß also erfolgen, wenn das Pendel kürzer wird. Um nun diesem, dem richtigen Gange der Uhren so nachtheiligen Fehler abzuhelfen, haben verschiedene sinnreiche Künstler, wie Graham, Harrison, Ellicot, Berthoud, Cumming, Mudge u. a. m. eine Menge Erfindungen gemacht, die sich alle auf die Eigenschaft der Ausdehnbarkeit der Körper gründen. Die folgenden zwey oder drey Beyspiele von der einfachsten Art der Einrichtung eines dergleichen Mechanismus werden hinreichen die Anwendung desselben deutlich zu zeigen.

Es ist ausgemacht, daß sich zu einem Pendel einer Uhr ein Stab von Holz besser schickt als ein gewöhnli-

cher Metallstab, da sich der erstere viel weniger oder schwächer ausdehnt, als der letztere. Auch ist ein gläserner Stab, oder eine gläserne Röhre einem metallenen vorzuziehen. Da sich aber auch eine Glasröhre noch ausdehnt, so muß man den übeln Folgen dieser Ausdehnbarkeit dadurch abhelfen, daß man die Röhre zum Theil mit Queckſilber anfüllt. Man nehme, zum Beyspiele an, daß A B Fig. 9. Taf. XVIII eine solche bey A aufgehängte und von B bis zu C mit Queckſilber angefüllte Röhre und daß deren Mittelpunkt der Schwingung D sey, so ist es einleuchtend, daß, wenn die Röhre durch die Wärme ausgedehnt wird, die Entfernung des Punktes D von A vermehrt wird und daß, zum Beyspiele, D zu d kömmt; da aber die nemliche Wärme, welche die Röhre ausdehnt, auch das Queckſilber verdünnt und die Oberfläche desselben von C bis zu c ausdehnt, so wird zu Folge dieser Erhöhung der Mittelpunkt der Schwingung des Queckſilbers, der ursprünglich bey E war, nun bis zu e erhöht und der Schwingungspunkt sowohl der Röhre als des Queckſilbers bleibt folglich an der nemlichen Stelle, da der Schwingungspunkt des einen Körpers um eben so viel ist erhöht worden, als der des anderen weiter niederwärts gedrückt worden.

Eben so kann man der obenerwähnten Unbequemlichkeit dadurch abhelfen, daß man Stäbe von verschiedenen Metallen mit einander verbindet, welche Verbindung ein zusammengesetztes Pendel genannt wird. Die folgende Art dieser Verbindung ist die einfachste, obgleich nicht die beste und bequemste. Fig. 10 Taf. XVIII. stellt ein Pendel dar, das aus zwey Stäben von verschiedenen Metallen, A B und A C besteht, von welchen A C sich durch Wärme am stärksten ausdehnen läßt. C D ist ein bey B und C an den Enden der Stäbe angeheftes

ter Hebel und die Stäbe tragen ein Gewicht oder eine Linse E. Würden nun beyde Stäbe durch Wärme gleich stark ausgedehnt, so ist es einleuchtend, daß die Entfernung des Gewichts E von dem Aufhängepunkt A vergrößert werden würde; da aber A C stärker ausgedehnt wird als A B, so kömmt, wenn das Ende B zu b kömmt, das Ende C tiefer hinab, nemlich zu c, und der Hebel C D bekömmt also die Lage c b D, so daß das Ende D auf der nemlichen Stelle bleibt, an der es vorher war, und die Entfernung E A bleibt folglich unverändert. — In Fällen dieser Art müssen die Längen der Stäbe, Hebel oder, wenn Glasröhren gebraucht werden, die Queckſilberquantitäten nach den Quantitäten der Ausdehnungen, der Pendellängen u ſ. w. berechnet und bestimmt werden.

Noch andere Erfindungen, aber immer auf den nemlichen Grundsatz von der verschiedenen Ausdehnbarkeit gegründet, sind bey den besten Uhren oder Zeitmessern angebracht worden.

Drittes Kapitel.

Von der Capacität der Körper für den Wärmestoff und von ihrem spezifischen Wärmestoff.

Wärme, oder, um den Ausdruck der Theorie zu brauchen, der Wärmestoff kann nicht an einer besonderen Stelle oder in einem besonderen Körper aufgehäuft und eingeschlossen werden, sondern er strebt unaufhörlich sich über anliegende Körper so lange zu verbreiten,

bis sie einerley Temperatur bekommen haben. Wenn, zum Beyspiele, ein Stück rothglühendes Eisen unter andere Körper als Steine, Metalle u. s. w., die sich in einem kälteren Zustande befinden, gelegt wird, so wird diesen Körpern die Wärme von dem Eisen mitgetheilt und zwar zuerst demjenigen, der ihm am nächsten liegt und dann auch dem anderen, weiter von ihm entfernten, so daß das Eisen nach und nach einen Theil seiner Wärme verliert und die anderen Körper sie bekommen, bis sie alle einerley Temperatur erlangt haben, denn obgleich der Wärmestoff durch gewisse Körper leichter geht, als durch andere, so giebt es doch keinen Körper, der ihn wirklich einschließen könnte.

Wenn von gleichartigen Körpern, zum Beyspiele von Stücken von einer und eben derselben Substanz, einigen eine höhere Temperatur gegeben wird, oder wenn sie ungleich erwärmt und dann in Berührung gebracht werden, so steht die Wärmestoffquantität, die einem jeden dieser Körper mitgetheilt oder von einem jeden derselben absorbirt wird mit der Massenquantität eines jeden dieser respektiven Körper in Verhältnis, und wenn sie im Gegentheile in eine niedrigere Temperatur gebracht werden, so sind die Wärmestoffquantitäten, die sie verlieren, ihren respektiven Massenquantitäten proportional. Wenn, zum Beyspiele, zwey Bleykugeln von gleicher Schwere in kochendes Wasser gelegt werden, so werden beyde in einem gleichem Grade erwärmt, oder es werden ihnen gleiche Wärmestoffquantitäten mitgetheilt werden. Werden sie in kaltes Wasser gelegt, so werden ihnen gleiche Wärmestoffquantitäten entzogen werden. Wenn ein Pfund Wasser mit einem anderen Pfunde Wasser, das aber heißer als jenes ist, vermischt wird, so wird der Ueberschuß von Wärme der einen Quantität in zwey Theile, das heißt: gleich unter die zwey Pfund Wasser vertheilt werden. Werden zwey

Pfund

Pfund Wassers mit einem Pfunde wärmeren Wassers vermischt, so wird der Ueberschuß von Wärme in drey Theile getheilt, das heißt: er wird gleich unter die drey Pfund Wasser vertheilt werden. Von dieser Erfahrung kann man nun eine bequeme Regel zur Bestimmung der Temperatur einer Vermischung ungleichartiger Körper, die vor der Mischung verschiedene aber bekannte Temperaturen hatten, ableiten, welche folgende ist:

Man multiplicire das Gewicht eines jeden Theiles oder Körpers mit der ihm eigenen Temperatur; addire dann die Produkte und dividire die Summe dieser Produkte durch die Summe der Gewichte, so ist der Quotient die Temperatur der Mischung.

Wenn, zum Beyspiele, drey Pfund Wasser dessen Temperatur 40° ist, mit neun Pfund Wasser dessen Temperatur 100° ist vermischt werden, so wird die Temperatur der Mischung 85° seyn, den drey mit 40° multiplicirt giebt 120° und neun mit 100° multiplicirt giebt 900° und die Summe dieser beyden Produkte ist 1020°, welche, wenn sie durch die Summe der Pfunde, nemlich mit 12 dividirt wird, 85° giebt, welches dann die Temperatur der Mischung ist *).

*) Wenn man Versuche der Art machen will, muß man verschiedene Punkte beachten, von welchen die folgenden die wichtigsten sind.

1) Die Thermometer müssen kleine Kapseln oder Kugeln haben und so empfindlich seyn, daß sie wenigstens Viertheile von jedem Grade angeben; die Quantitäten der Körper, welche untersucht werden sollen, müssen ziemlich groß seyn, weil sonst durch das Eintauchen des Thermometers in die Mischung, eine dritte Substanz hineingebracht wird, nemlich das Queck-

Ferner: wenn zwey Pfund Queckſilber von 40° mit vier Pfund von 60° und dann noch mit vier Pfund von 50° vermiſcht werden, ſo wird die Temperatur der Miſchung 52° ſeyn, (alſo: 2. 40° + 4. 60° + 4. 50°).

2 + 4 + 4.

Der Grund dieſer Regel iſt ſehr einleuchtend, denn da ſich Wärme oder Wärmeſtoff unter gleichartigen Körpern, die ſich berühren, gleichförmig ausdehnt, ſo folgt daraus, daß die Temperatur der Miſchung ein Mittel aus den einzelnen Temperaturen der Körpertheile ſeyn muß, und durch dieſe Regel bekömmt man dieſes Mittel, in dem die Summe aller der Wärmegrade durch die Summe der Gewichte aller der Körpertheile dividirt wird. *).

ſilber des Thermometers, welches das Reſultat beträchtlich verändert. Die Reſultate aber können berechnet werden, wenn man das Gefäß und das Thermometer, als zwey von den Körpern, die bey der Bereitung der Miſchung Einfluß haben, in Anſchlag bringt.

2) Die Wärme der Miſchung iſt ſelten in allen Theilen derſelben gleichförmig; man muß daher die Temperatur von dem Boden, von dem mittleren und von dem oberen Theile derſelben nehmen, weil ein Mittel von dieſen dreyen die Temperatur der ganzen Miſchung giebt.

3) Da die Miſchung allmählig von ihrer Wärme verliert und da es nicht leicht möglich iſt, das Thermometer unmittelbar nach der Bereitung derſelben hinein zu bringen, ſo muß man, um die erſte Temperatur derſelben zu beſtimmen, ihre Temperatur zu beſtimmten Zeiten nehmen, etwa nach 15 Sekunden und dann wieder nach 30 Sekunden und dann ſagen: wie ſich die zweyte Temperatur zu der erſten verhält, ſo verhält ſich die erſte zu der wahren Temperatur, welche die Miſchung in dem Augenblicke ihrer Zubereitung hatte.

*) Man ſehe S. 231 des 2ten Bandes.

Wenn Körper von verschiedener Art der Materie oder des Stoffs in eine höhere Temperatur gebracht werden, oder, mit anderen Worten, wenn Wärme Körpern von verschiedener Art oder Natur, die aber alle gleich schwer und ihr auch gleichförmig ausgesetzt sind, mitgetheilt wird, so absorbiren, wie man gefunden hat, einige davon eine größere Quantität Wärmestoff, oder kombiniren sich mit einer größeren Quantität als andere, und daher sagt man, daß jene eine größere Capacität für die Wärme haben, als die letzteren, und diese verhältnißmäßige Quantität von Wärmestoff, welche jeder Körper absorbirt, wird die specifische Wärme dieses Körpers genannt. *) Man hat gefunden, daß jeder Körper eine besondere Kapacität für die Wärme hat. Wenn, zum Beyspiele, ein Pfund Queckfilber und ein Pfund von einem anderen Metalle, in eine höhere Temperatur gebracht worden, und man findet dann, daß das andere Metall zweymal so viel Wärmestoff einschluckt als das Queckfilber, so verhält sich die spezifische Wärme dieses anderen Metalls zu der spezifischen Wärme des Queckfilbers wie zwey zu eins.

Diese verhältnißmäßige Quantität von Wärmestoff, welche ein Körper mehr als ein anderer absorbirt, hat man auch fixirten, latenten, gebundenen Wärmestoff genannt, allein diese Benennung ist offenbar unschicklich, denn ob gleich ein Körper A, zum Beyspiele, zweymal so viel Wärmestoff hat als ein anderer Körper B von gleichem Gewichte, so hat doch A eine doppelte Capacität für Wärme, oder seine Verwands

*) Denn wenn zum Beyspiele, ein Körper A dreymal so viel Wärmestoff absorbiren kann als B, so ist es einleuchtend, daß im natürlichen Zustande, A dreymal so viel Wärmestoff enthält als B, wenn beyde einerley Temperatur haben.

schaft zu dem Wärmestoff ist noch einmal so stark, als die Verwandschaft von B zu demselben ist, wovon die Folge ist, daß der Wärmestoff mit gleicher Kraft zurück gehalten wird. Auch kann er von A nicht an B mitgetheilt werden; in diesem Falle würde er blos als Wärme wirken, das heißt: er würde B ausdehnen, oder wenn B ein lebendiges Wesen wäre, würde er in ihm die Empfindung von Wärme hervorbringen.

Es ist nun nothwendig zu zeigen, auf welche Art der specifische Wärmestoff von Körpern bestimmt werden kann. Zu dem Ende:

„Nehme man zwey Körper von gleichen Gewichten „und deren Capacitäten permanend sind, zum Beyspiele, A und B, von welchen wenigstens der eine ein flüssiger „ist, lasse sie verschiedene Temperaturen annehmen und „bestimme diese Temperaturen durch das Thermometer. „Dann lege man den festen Körper in den flüssigen, „oder vermische, wenn beyde flüssig sind, beyde schnell „miteinander, und bringe unmittelbar darauf das Ther„mometer in die Mischung und bestimme so die Tempe„ratur derselben. Nun verhält sich der spezifische Wär„mestoff des Körpers A zu dem spezifischen Wärmestoff „des Körpers B, wie sich die Differenz zwischen der „Temperatur, die der Körper B vor der Mischung hatte, „und der Temperatur der Mischung zu der Differenz „zwischen der Temperatur, die A vor der Mischung hat„te und der Temperatur der Mischung verhält. (Hiebey „muß man die in der Anmerkung S. 65 gegebenen Vorsichtsregeln beobachten.) zum Beyspiele:

Temperatur von A ; 110°
30° die Differenz
Temperatur der Mischung ; 80.
40° die Differenz.
Temperatur von B ; 40°

Der spezifische Wärmestoff von A verhält sich also zu dem spezifischen Wärmestoff von B, wie sich 40 zu 30, oder wie sich 4 zu 3 verhält.

Wenn die nemlichen beyden Körper verschieden erwärmt werden, so wird das Resultat genau das nemliche Verhältnis der Differenzen und folglich das nemliche Verhältniß von spezifischem Wärmestoff geben. Zum Beyspiele:

Temperatur von A , 40°

30° die Differenz

Temperatur der Mischung , 70°

40° die Differenz

Temperatur von B , 110°

Es ist einleuchtend, daß wenn die beyden Körper gleiche Verwandschaftsgrade*) oder gleiche Capacitäten für die Wärme*) gehabt hätten, die Temperatur der Mischung 75° würde gewesen seyn, also ein arithmetisches Mittel, zwischen den Temperaturen von A und B, so daß nach dem ersten Beyspiele, A 35° von Wärme würde verlohren und B 35° davon würde bekommen haben. Da aber die Temperatur der Mischung 80° war, so sieht man leicht, daß die 70 Wärmegrade die A mehr hatte als B so haben vertheilt werden müssen, daß die Temperatur von B durch 40° erhöht und die Temperatur von A durch 30° vermindert worden. Wenn nun einem Körper eine Quantität Wärme mitgetheilt wird, so erhöht der Theil derselben, der von ihm absorbirt wird, nicht etwa die Temperatur desselben, oder er ist derjenige Theil, der, wenn er zu der Erhöhung der Tempe-

*) Beyde Ausdrücke bezeichnen blos die unbekannte Ursache einer und derselben erkennbaren Wirkung.

ratur hinzu gethan wird, der ursprünglichen Wärmequantität gleich wird. Zum Beyspiele, wenn einem Körper 10° Wärme mitgetheilt und seine Temperatur dadurch um 4° erhöht worden ist, so ist es klar, daß sechs Grad Wärme sind absorbirt worden u. s. w. es muß also in oben angegebenem Falle, der von B absorbirte Theil von Wärmestoff 30° betragen haben, da seine Temperatur um 40° Grad war erhöht worden, und die von A zurückbehaltene Quantität muß 40° betragen haben, da seine Temperatur um 30° erniedriget worden.

Die nemliche Art zu schließen läßt sich, mutatis mutandis, auch auf den zweyten Fall und überhaupt auf alle diesem gleiche Fälle anwenden.

Auf diese Art ist der spezifische Wärmestoff mehrerer Substanzen so genau bestimmt worden, als es die mit dergleichen Versuchen, besonders wenn sie elastische Flüssigkeiten betreffen, verbundenen Schwierigkeiten und die schwankende Beschaffenheit der Substanzen gestatten.

Bey dem folgenden Verzeichnisse ist der spezifische Wärmestoff des Wassers als Eins oder Einheit angenommen, und der einer jeden der anderen Substanzen im Verhältniß zu dieser Einheit ausgedrückt worden. Zum Beyspiele: der spezifische Wärmestoff des Spermaceti-Oels ist 0, 500, das heißt: die Hälfte von dem des Wassers, da $\frac{5}{10}$ die Hälfte einer Einheit oder eines Ganzen sind, und man will damit sagen: daß eine Quantität Spermaceti-Oel die Hälfte von einer Quantität Wärmestoff absorbiren kann, welche von einer gleichen Quantität Wasser unter ähnlichen Umständen kann absorbirt werden. Eben so ist der spezifische Wärmestoff des Eisenrostes 0, 250 das heißt: ein Viertheil von dem des Wassers, welches ausdrücken soll: daß unter gleichen

Umständen der Eisenrost $\frac{1}{4}$ von der Quantität absorbirt die von einem gleichen Gewicht Wasser absorbirt wird, und so verhält sich's auch in Ansehung der übrigen Substanzen der Tabelle. *)

Tabelle über den specifischen Wärmestoff verschiedener Körper.	Specifischer Wärmestoff.
Wasserstoffgas, C	21,400
Sauerstoff-Luft [C	4,749
Sauerstoff-Luft [K	87,000
Atmosphärische Luft, [C	1,790
Atmosphärische Luft, [K	18,670
Kohlensaures Ammoniak, oder mildes flüchtiges Alkali, K	1,851
Wasserdunst **), C	1,550
Braunzucker-Solution, K	1,086
Kohlenstoff-Säure, [C	1,045
Kohlenstoff-Säure, [K	0,270

*) Diese Tabelle ist nach den Resultaten der Versuche der vorzüglichsten Arbeiter auf diesem Felde der Untersuchung zusammengetragen worden. Jedem Artikel ist der Anfangsbuchstabe des Namens desjenigen, von dem er bestimmt worden, beygesetzt. So steht C statt Crawford, K statt Kirwan und L statt Lavoisier und Laplace zusammengenommen.

**) Pictet nimmt an, daß der spezifische Wärmestoff vom Wasser, wenn es in dem Zustande des Dunstes ist, $8\frac{1}{2}$ größer sey, als der Wärmestoff des nemlichen Wassers im Zustande des Kochens. Nach ihm ist das Volumen des Dunstes aber ohngefähr 1800mal größer als das des kochenden Wassers. Es ist also in einem gegebenen Volumen kochenden Wassers 212mal mehr Wärmestoff, als in einem gleichen Volumen Dunst. (Man sehe das physikalische Magazin, B. 6. S. 244.) Andere haben die Quantität desselben viel höher und andere wieder geringer gerechnet; mit einem Worte: der spezifische Wärmestoff des Dunstes ist noch nicht mit Gewißheit bekannt.

	Specifisch. Wärmestoff
Blut aus den Arterien, C	1,030
Wasser	1,000
Frische Kuhmilch, C	0,999
Schwefelammoniak, dessen spezifische Schwere 2, 818 ist, K	0,994
Eis oder gefrornes Wasser, K	0,900
Blut aus den Venen, C	0,893
Eine Solution von Epsomsalz, oder schwefelsaurer Talkerde, Salz 1, Wasser 2, K	0,844
Eine Solution von gemeinem Salz oder salzsaurem Mineralalkali, Salz 1, Wasser 8, K	0,832
Eine Solution von Ammoniaksalz, oder salzsaurem Ammoniak, Salz 10, Wasser 15, K	0,798
Stickgas, C	0,794
Ochsenhaut sammt dem Haare, C	0,787
Schaaflungen, C	0,769
Weinsteinraam; Solution, Raam 10, Wasser 2373, K	0,765
Kalisolution, deren spezifische Schwere, 1, 346, K	0,759
Schwefelsäure { deren spezifische Schwere, 1, 885, K	0,758
Schwefelsäure {	0,429
Schwefelsäure { braune, deren spezifische Schwere 1, 872, K	0,429
Mageres Ochsenfleisch, C	0,740
Eine Solution von grünem Vitriol oder Schwefelsaurem Eisen, Salz 10, Wasser 25, K	0,734
Eine Solution von Glaubersalz oder schwefelsaurem Mineralalkali, Salz 10, Wasser 29, K	0,728
Olivenoel, K	0,710
Ammoniak, oder ätzendes flüchtiges Alkali, K	0,708
Salpetersäure { L	0,661
Salpetersäure { K	0,844
Salpetersäure { rothe und rauchende, deren spezifische Schwere 1,355, K	0,576
Rauchende Salzsäure, spezifische Schwere 1,122, K	0,680
Alaunsolution, Salz 100, Wasser 445, K	0,649
Salpetersolution, Salz 1, Wasser 8, K	0,646

	Spezifisch. Wärmestoff
Alkohol, C von der spezifischen Schwere von 0,783, K	0,602
	1,086
Leinöl, K	0,528
Reis, C	0,506
Pferdebohnen, C	0,502
Spermacetiöl, C	0,500
Spermacetiöl, K	0,399
Terpentinöl, K	0,472
Weinessig, K starker	0,387
Weinessig, K destillirter	0,103
Eisenrost C	0,250
Eisenrost K	0,320
Steinkohle, C	0,278
Holzkohle, C	0,263
Kreide (chalk.) C	0,256
Gewaschnes schweißtreibendes Antimonium C	0,227
Gewaschnes schweißtreibendes Antimonium K	0,220
Ungelöschter Kalk C	0,223
Ungelöschter Kalk K	0,217
Kupferoxyd	0,227
Gebrannte Erde, K	0,195
Krystall, L	0,193
Ausgeglühte Kohle (cinders) C	0,192
Asche von ausgeglühter Kohle, C	0,185
Flintglas, K	0,174
Eisenrost, beynahe luftleer, C	0,167
Gewaschnes schweißtreibendes Antimonium, beynahe luftleer, C	0,167
Asche des Ulmenbaums, C	0,140
Zinnoxyd, beynahe luftleer, C	0,137
Eisen, C	0,127
Eisen, K	0,125
Eisen, L	0,101
Messing, C	0,112
Kupfer, C	0,111
Oxyd einer Mischung von Bley und Zinn K	0,102
Weißes Zinn-Oxyd, beynahe luftleer, C	0,099
Zink, C	0,094
Holzkohlen-Asche, C	0,091

		Specifisch. Wärmestoff
Zinn,	C	0,070
	K	0,068
Gelbes Bleyoxyd, fast luftleer, C		0,068
Antimonium, im metallischen oder reguliniſchen Zustande	C	0,064
	K	0,086
Bley	C	0,035
	K	0,050
Queckſilber	L	0,029
	deſſen ſpezifiſche Schwere 13,3, K	0,033

Die Capacitäten der Körper für den Wärmeſtoff ſind, ſo lang die Körper in Anſehung der Conſiſtenz in einerley Zuſtand bleiben, ziemlich permanent.

Man hat gefunden, daß faſt alle Naturkörper in drey verſchiedenen Zuſtänden exiſtiren können, nemlich in dem feſten, in dem flüſſigen und in dem luftförmigen, dampfartigen oder elaſtiſchen Zuſtande der Flüſſigkeit und die Capacität des Körpers für den Wärmeſtoff oder deſſen ſpecifiſcher Wärmeſtoff iſt in einem jeden dieſer Zuſtände verſchieden von der Capacität, die er in den anderen Zuſtänden dafür hat. Sie iſt am ſchwächſten in dem feſten Zuſtande, und am ſtärkſten, wenn er ſich in dem Zuſtande einer elaſtiſchen Flüſſigkeit befindet.

Wenn einem feſten Körper mehr Wärmeſtoff mitgetheilt wird, als ſeiner Capacität dafür angemeſſen iſt, und dieſer Ueberſchuß von Wärmeſtoff der Capacität dieſes Körpers für denſelben, wenn er flüſſig wäre, gleich iſt, ſo wird er durch denſelben geſchmolzen. Und eben dies iſt der Fall, wenn eine Flüſſigkeit in den luftförmigen Zuſtand übergeht.

Aber auch das Gegentheil dieses Satzes kann erfolgen, nemlich wenn einer Flüssigkeit so viel Wärmestoff entzogen wird, daß ihr nur gerade die Quantität davon übrig bleibt, die ihre Capacität dafür halten kann, wenn sie sich in dem Zustande eines festen Körpers befindet, dann wird eine solche Flüssigkeit fest oder sie gefriert. Das folgende Beyspiel wird diese Theorie erläutern.

Wenn ein Stück Eis, dessen Temperatur niedriger als 32° ist, in eine höhere Temperatur gebracht wird, so wird die Temperatur desselben bis zu 32° erhöht und dabey bleibt es, denn aller Wärmeüberschuß wird von der Eisquantität absorbirt, die in flüssiges Wasser verwandelt wird. — Wird eine Quantität Wasser in eine höhere Temperatur gebracht, so wird die Temperatur desselben allmählig bis zu 212° erhöht, (versteht sich unter dem gewöhnlicheren Druck der Atmosphäre,) aber sie kann nicht noch weiter erhöht werden, weil aller Wärmeüberschuß von der Wasserquantität, die in Dampf verwandelt wird, absorbirt wird. Wird dargegen Dunst in Wasser verwandelt, so wird Wärmestoff von ihm geschieden und wird Wasser in Eis verwandelt, so wird ebenfalls Wärmestoff von ihm abgesondert. *)

*) Wenn eine Quantität Wasser, in welches man ein Thermometer gesetzt hat, in eine kalte oder gefrierende Mischung gestellt wird, so bleibt es oft dann flüßig, wenn das Thermometer zeigt, daß die Temperatur desselben 30°, oder 28°, oder auch selbst noch niedriger ist. Endlich gefriert es sehr schnell, besonders wenn man dem Gefäße einen schwachen Stoß giebt oder es in Bewegung bringt, und zugleich steigt das Thermometer unmittelbar auf 32°, welches anzuzeigen scheint, daß das Wasser, selbst wenn es in eine niedrigere Temperatur gebracht wird, seinen Wärmestoff nicht leicht von sich lassen kann. Die Ursache davon ist nicht bekannt.

Man hat gefunden, daß wenn Wasser von einer Temperatur von 172° mit einem gleichen Gewicht Wasser, dessen Temperatur 32° ist, vermischt wird, die Temperatur der Mischung, zufolge dessen, was oben ist gesagt worden, von 102° ist. Wird aber eine Quantität Wasser bey 172° mit einem gleichen Gewicht Eis oder Schnee bey 32° vermischt, so ist die Temperatur der Mischung 32°. Woraus denn ganz richtig gefolgert wird, daß Wasser in dem flüssigen Zustande 140° (nemlich 172° weniger 32°) mehr Wärmestoff enthalte, als wenn es sich in dem Eiszustande befindet. *)

Auf allen Fall ist es ausgemacht, daß eine gewisse Quantität Wärmestoff schlechterdings nothwendig ist, um einen Körper in dem Zustande des Dunstes oder einer elastischen Flüssigkeit zu erhalten, daß eine geringere Quantität schlechterdings nothwendig ist, um ihn in einem flüssigen Zustande zu erhalten und daß in einem festen Körper, er befinde sich nun in welcher Temperatur er wolle, — daß sie bis zu einem gewissen Grenzpunkte erniedrigt seyn müsse, versteht sich von selbst, — eine noch geringere Quantität von Wärmestoff enthalten sey. Jener Grenzpunkt oder der Punkt der gänzlichen Beraubung des Wärmestoffs, ist durch Berechnung von den vorerwähnten Resultaten und einer wahrscheinlichen Voraussetzung abgeleitet worden.

*) Dem Umstande, daß dieser Versuch so schwer zu machen und daß besonders die erste Temperatur der Mischung so schwer zu bestimmen ist, ist es ohnstreitig zuzuschreiben, daß die Schriftsteller in Ansehung der Angabe der Quantität oder der Grade des Wärmestoffs so sehr von einander abweichen. Doctor Crawford nimmt sie zu 172° an. Doctor Lessie sagt, daß sie Doctor Black 147° gleichgefunden habe. Lavoisier rechnet sie 167°. Professer Wilke fand sie 130° gleich und Bergmann fast eben so, nemlich 129°, 6. In einigen Schriften finde ich 162°, in anderen wieder 140° dafür angegeben.

Ehe ich den Versuch machen kann, die Beschaffenheit dieser Grenze zu erklären, wird es nothwendig seyn, erst noch einige nützliche Bemerkungen, die Einrichtung der vorstehenden Tabelle über den spezifischen Wärmestoff von Körpern vorangehen zu lassen.

Die S. 67. zur Bestimmung des spezifischen Wärmestoffs von Körpern angegebene Regel schreibt vor, solche Körper zu mischen, deren Capacitäten während der Operation permanent sind. Der Grund davon ist, weil, wenn die Capacitäten von Körpern durch eine Veränderung der Gestalt verändert werden, die Temperatur der Mischung nach jener unbekannten Veränderung der Capacität verschieden seyn muß u. s. w. Das Verhältniß zwischen dem spezifischen Wärmestoff von Wasser und Eis kann also nicht dadurch bestimmt werden, daß gleiche Quantitäten von Wasser und gestoßenem Eise oder Schnee zusammengemischt werden, wohl aber kann es dadurch bestimmt werden, daß man eine dritte Substanz anwendet und zuerst das Verhältniß zwischen dem spezifischen Wärmestoff dieser Substanz und Eis bey einer Temperatur, welche niedriger als 32° ist, bestimmt und den spezifischen Wärmestoff der anderen Substanz als eins annimmt. Zweytens, daß man das Verhältniß zwischen dem spezifischen Wärmestoff jener anderen Substanz und des Wassers in einer Temperatur, welche höher als 32° ist, bestimmt und dabey wieder den spezifischen Wärmestoff der anderen Substanz als eins annimmt, und endlich dadurch, daß man den spezifischen Wärmestoff des Wassers mit dem des Eises vergleichet. *)

*) Zum Beyspiele:
Ein Pfund Eis bey — — 32°
2 Unterschied.
Temperatur der Mischung — 30°
8 Unterschied
Schweißtreibendes Antimonium 1 Pf. bey 22°.

Wenn bey Versuchen der Art eine flüssige Substanz mit einer festen kann gebraucht werden, so ist es besser als wenn man zwey feste Körper dazu anwendet; indessen geben doch in gewissen Fällen Pulver oder zerstoßene feste Körper, ein ziemlich brauchbares Resultat.

Mit luftförmigen Flüssigkeiten sind dergleichen Versuche außerordentlich schwierig, welches hauptsächlich dem geringen Gewichte derselben und der Schwierigkeit, sie mit hinlänglicher Geschwindigkeit zu mischen, zu zuschreiben ist. Auch erfordert die Operation besondere Instrumente *.)

Die gänzliche Entziehung des Wärmestoffs, oder der niedrigste Grad bis zu welchem ein Thermometer mit einer Fahrenheit'schen Skale fallen würde, wenn es an einem Orte aufgestellt würde, der alles Wärmestoffs beraubt wäre, ist nach dem oben angegebenen Verhältnis zwischen dem spezifischen Wärmestoff von Wasser und dem von Eis und nach der bekannten Quantität

Diese erste Operation zeigt, daß sich der spezifische Wärmestoff des Eises zu dem des schweißtreibenden Antimoniums, wie 8 zu 2, oder wie 4 zu 1 verhält.

Eben so ein Pfund Wasser bey 162°, 5
22, 5 Unterschied.
Temperatur der Mischung 140°
100 Unterschied.
Ein Pf. schweißtreibendes Antimonium bey 40°

Diese zweyte Operation zeigt, daß sich der spezifische Wärmestoff des schweißtreibenden Antimoniums zu dem des Wassers wie 22, 5 zu 100, oder wie 1 zu 4, 4444 u. s. w. verhält. Der spezifische Wärmestoff des Wassers verhält sich also zu dem des Eises wie 4, 444 u. s. w. zu 4, oder wie 10 zu 9.

*) Man sehe Crawford's Versuche und Beobachtungen über die thierische Wärme. Zweyte Ausgabe.

von Wärmestoff die Wasser bey 32° mehr als Eis bey 32° enthält, bestimmt worden. Und eben das kann in Ansehung des spezifischen Wärmestoffs einer jeden andern Substanz in ihren beyden Zuständen der Existenz geschehen u. s. w.

Denn, da die Quantität Wärmestoff, welche Wasser mehr als Eis enthält, 140° ist und da sich die Capacität des Wassers zu der des Eises wie 10 zu 9 verhält, so folgt: daß 140° die Differenz zwischen dem sämmtlichen in dem Eise und in dem Wasser enthaltenen Wärmestoff ist, wenn beyde Körper eine Temperatur von 32° haben, und auch: daß diese Quantität ein Zehntheil des sämmtlichen, in dem Wasser enthaltenen Wärmestoffs ist, wenn diese Flüssigkeit eine Temperatur von 32° hat. Die ganze Wärmestoffquantität ist also zehnmal 140° oder 1400°, *) nemlich 1368° unter o der Fahrenheit'schen Skale, so daß an einem Orte, der gar keinen Wärmestoff enthielte, das Thermometer auf — 1368° fallen würde, wenn nemlich die Flüssigkeit dieses Instruments so weit fallen könnte *).

*) Man lasse x die ganze in dem Wasser enthaltene Wärmestoffquantität vorstellen, so hat man 10 : 9 :: x : 0, 9 x. Durch Division 10 — 9 (1) : 9 :: x — 0, 9 x (0, 1 x) : 0, 9 x :: 140 : 0, 9 x. Daher: 9. 140 = 1. 0, 9 x; und $x = \frac{1260}{0,9}$ 1400.

*) Wenn die Wärmestoffquantität, welche Wasser bey 32° mehr als Eis bey 32° enthält, nicht als 140°, sondern nach Bergmann als 129°, 6 angenommen würde, denn würde der niedrigste Grad des Thermometers, oder die gänzliche Entziehung des Wärmestoffs, das Thermometer bis auf (1296° — 32°) — 1264 fallen machen. In Ansehung anderer Bestimmungen muß eine gehörige Veränderung gemacht werden. Man sehe die Anmerkung S. 76.

Diese Bestimmung gründet sich auf die Voraussezzung: daß die Capacität des Eises, bey jeder Art der Temperatur die unter 32° ist, permanent sey.

Lavoisier und Laplace haben eine andere Methode zur Bestimmung des spezifischen Wärmestoffs der Körper erfunden. Nach derselben wird ein bis zu einem gewissen Grade erwärmter Körper, neben eine Quantität Eis gelegt und der spezifische Wärmestoff nach der Quantität von Eis berechnet, die er zu schmelzen im Stande ist. Wenn also, zum Beyspiele, zwey gleich schwere, und gleich erwärmte Körper, A und B nach einander in eine gewisse Quantität Eis gelegt werden und man findet daß A noch drey mal so viel davon zerschmelzt hat als B, so wird sich der spezifische Wärmestoff von A zu dem von B verhalten, wie sich 3 zu 1 verhält.

Die erwähnten Gelehrten erfanden zu dem Ende einen Apparat, den sie Wärmemesser nannten und von dem Fig. II. Taf. XVIII einen Durchschnitt darstellt. Er besteht aus einem auf drey Füßen, von denen man auf der Abbildung zweye sieht, stehenden Gefäße, das drey Fächer, oder drey Abtheilungen hat, nemlich eine innere ffff, von Eisendrath gemacht; eine mittlere bbbb und eine äußere aaaa. In die innere Abtheilung ffff nun, wird der zu untersuchende Körper gelegt und sie dann mit einem besonderen Deckel H G verschlossen. Die beyden anderen Abtheilungen aber und der Deckel werden mit Eis angefüllt und endlich ist die ganze Maschine noch mit einem Deckel bedeckt, der ebenfalls mit Eis angefüllt wird und dessen Rand genau in den äußeren Falz des Instrumentes paßt. Das in der äußeren Abtheilung befindliche Eis dient dazu, daß es das in der mittleren befindliche Eis gegen die Wärme der Atmosphäre schützt, daher dieses blos durch die Wär-

me

me des in dem Drathfache enthaltenen Körpers schmelzen kann. Das von diesem geschmolzenen Eise entstehende Wasser läuft durch den Rost m m und durch ein etwas weiter unten angebrachtes Sieb; kömmt dann durch die Röhre d x heraus und fließt in ein darunter gestelltes Gefäß ab. Und dies ist die Wasserquantität, die den spezifischen Wärmestoff des zu untersuchenden Körpers zeiget. Die mit dem Hahne r versehene Röhre T s ist bestimmt das Wasser aus der äußeren Abtheilung abzuführen *).

Soll der spezifische Wärmestoff eines festen Körpers bestimmt werden, so muß die Temperatur desselben erhöht werden, zum Beyspiele: auf 212°. Dann muß er in den Wärmemesser gelegt und so lang darinn gelassen werden, bis seine Temperatur auf 32° reduzirt worden. Dann kann die während dieses Abkühlens desselben zerflossene Eisquantität dadurch bestimmt werden, daß man das aus der Röhre d x geflossene Wasser wieget. Nach Lavoisier's Bestimmung löst ein Pfund Wasser von 167° ein Pfund Eis auf; um also den spezifischen Wärmestoff des Körpers zu bestimmen, muß die aufgelöste Eisquantität durch das Produkt des in Pfunden und Zehntheilen ausgedrückten Gewichtes des Körpers, nachdem dieses Gewicht durch die über 32° gehende Zahl von Graden, zu der der Körper vor dem Versuche erhöht worden, multiplicirt worden, dividirt werden, dann zeigt der Quotient die Eisquantität an, welche ein Pfund dieses Körpers, indem er bis zu 1° erkaltet, auflösen kann. Wird dieser Quotient mit 167° multiplicirt, so zeigt das Produkt die Eisquantität an, die ein Pfund dieses bis auf 167° erhitzten Körpers, während er bis zu 32° erkaltet, auflösen kann. Und dies ist dann die Größe seines spezifischen Wärmestoffs.

*) Wer eine genauere Beschreibung dieser Vorrichtung zu haben wünscht, findet sie in Lavoisier's Handbuch der

Kennt man aber die ursprüngliche Temperatur des Körpers und die von ihm geschmelzte Eisquantität, so sagt man: wie sich jene Temperatur zu dieser Eisquantität verhält, so verhalten sich 167° zu einer vierten Proportionale, nemlich zu der Eisquantität welche würde geschmolzen worden seyn, wenn die ursprüngliche Temperatur des Körpers 167° gewesen wäre. Endlich muß diese vierte Proportionale durch das in Pfunden und Zehntheilen ausgedrückte Gewicht des Körpers dividirt werden, da denn der Quotient ausdrückt, wie viel Eis durch ein Pfund dieses Körpers kann geschmolzen werden, und das ist dann die Größe seines spezifischen Wärmestoffs.

„Ist der Körper eine Flüssigkeit, so muß sie in ein Gefäß geschüttet werden, dessen spezifischer Wärmestoff vorher bestimmt worden ist. Das Verfahren bleibt übrigens eben so wie es bisher beschrieben worden. Indessen darf man doch nicht vergessen, von der Quantität des aufgelösten Eises die Quantität abzuziehen, die von dem Erkalten des Gefäßes entsteht."

„Soll die Wärmestoffquantität bestimmt werden, die sich von der Verbindung mehrerer Substanzen entbindet, so müssen sie alle zu der Temperatur von 32° reducirt werden; darauf müssen sie in dem inneren Theile des Wärmemessers zusammengemischt und so lang darinn gelassen werden, bis sie die Temperatur von 32° erlangt haben, dann zeigt die aufgelöste Eisquantität, die, während der Kombination entbundene Wärmestoffquantität an.

„Wenn Körper während eines Zustandes der Verbrennung oder lebende Wesen dem Versuche unterworfen werden, so ist das Verfahren das nemliche, nur mit der

Chemie, Th. III. Kap. 3. (Auch steht eine Beschreibung desselben im 4ten Theile des Gehlerschen Wörterbuchs unter dem Artikel: Wärmemesser.)

Ausnahme, daß frische Luft in den Wärmemesser muß geleitet werden, und daß diese Luft, wenn sie darinnen ankömmt, die Temperatur von 32° haben muß; auch muß sie noch die nemliche Temperatur bey ihrem Herausströhmen haben, um keinen Fehler in das Resultat zu bringen. Sie muß zu dem Ende, so wohl wenn sie ein- als auch wenn sie ausströhmt, durch Röhren geleitet werden, die mit zerstoßenem Eise belegt worden sind."

Vermittelst dieses Wärmemessers haben Lavoisier und Laplace den spezifischen Wärmestoff mehrerer Substanzen bestimmt, die in der, S. 70 befindlichen Tabelle erwähnt worden und denen ich die drey folgenden merkwürdigen Resultate noch beyfügen will *).

Die Verbrennung eines Pfundes Phosphors erforderte $1\frac{1}{2}$ Pfund, oder 27648 Kubikzoll Sauerstoffgas und bildete $2\frac{1}{2}$ Pfunde konkrete Phosphorsäure. Der bey dieser Verbrennung entbundene Wärmestoff, den das Sauerstoffgas liefert, bewirkt die Auflösung von 100 Pfund Eis und macht folglich 13532° Wärme. Daraus folgt also, daß ein Kubikfuß Sauerstoffluft so viel Wärmestoff geben kann als erforderlich ist, über 870° Wärme hervorzubringen und 6,25 Pfund Eis aufzulösen.

Die Verbrennung von einem Pfund oder 249081 Kubikzoll Wasserstoffgas, erfordert 104448 Kubikzoll Sauerstoffluft, löst 295,6 Pfund Eis auf und bildet 61440 Gran Wasser, welches beweist, daß in dem Wasser etwas Wärmestoff zurück bleibt, weil sonst jene Sauerstoffluft-Quantität mehr Eis schmelzen würde.

Die Verbrennung von einem Pfunde Holzkohle erforderte 47396 Kubikzoll Sauerstoffluft, löste $96\frac{1}{2}$ Pfund Eis auf und bildete 47358 Kubikzoll Kohlensaures Gas,

*) Lavoisier's Chemie Th. III. Kap. 3.

welche 32914 Gran wogen. Auch daraus sieht man, daß eine beträchtliche Quantität von Wärmestoff, mit dem kohlenstoffsauren Gas in Verbindung tritt, oder zur Bildung desselben verwendet wird.

Ohngeachtet aber dieser Wärmemesser von so grossem Nutzen ist, muß ich doch auch bemerken, daß noch verschiedenes so wohl in Ansehung seiner Einrichtung, als auch seines Gebrauches zu erinnern übrig bleibt.

Nach allen Versuchen und Erfahrungen scheint es also ausgemacht zu seyn, daß der Wärmestoff eine wirkliche Substanz und vielleicht die einzige wahre Flüssigkeit und das allgemeine Auflösungsmittel für alle übrige Körper ist, da jeder andere Körper, in so fern er den Versuchen unterworfen werden kann, flüssig wird, sobald man ihn mit einer hinlänglichen Quantität Wärmestoff verbindet.

Der Wärmestoff geht mit den Theilchen aller Körper eine Verbindung ein oder vermischt sich mit ihnen, und bringt die Wirkungen hervor, die andere Kombinationen gewöhnlich hervorzubringen pflegen, nemlich: er vergrößert ihr Volumen; wird durch den Druck herausgetrieben; scheidet andere Substanzen, die zu einem gegebenen Körper eine schwächere Verwandtschaft haben als er selbst und vermindert ihre zusammenhäufende Anziehung; er vermischt sich mit einigen Körpern in größerer Quantität als mit andern und durchdringt einige Körper leichter als andere. Wenn von einer chemischen Verbindung Wärmestoff ausgeschieden wird, so ist das Volumen der Mischung geringer, als das der Summe der Ingredienzien, und im Gegentheil wird, wenn das Volumen der Zusammensetzung größer ist als die Summe der Ingredienzien, Kälte erzeugt, es wird nemlich Wärmestoff absorbirt und folglich von den anliegenden Körpern geschieden. Alles dies beweist, daß der Wär-

mestoff, so wie alle übrigen Stoffe, Volumen (oder körperlichen Inhalt) hat.

Die Erwärmung eines Körpers, oder die Mittheilung der Wärme an denselben, vermehrt, der Erfahrung zufolge, das Gewicht desselben nicht. *) Man möchte also wohl fragen: Warum der Wärmestoff, wenn er doch materiell seyn soll, nicht auch wie alles materielle, Gewicht oder Schwere besitze? Tillock bemerkt zur Beantwortung dieser Frage sehr sinnreich: daß der spezifische Wärmestoff von Körpern durch die Wärme, also durch die Mittheilung des Wärmestoffs, vermindert werde, da sie in Ansehung des Volumens vergrößert werden und daß der Zusatz von Wärme zu einem Körper in der freyen Luft, gerade eben die Wirkung hervorbringe, die ein Stück Kork machen würde, das an ein Stück im Wasser befindliches Gold, angeheftet worden, das heist: es würde die Schwere desselben vermindern, weil Kork, ob er gleich wirklich Schwere besitzt, doch leichter als Wasser ist; eben so kann der Wärmestoff Schwere besitzen, ob er gleich leichter ist als Luft, daher glaubt Tillock, daß, wenn der Versuch im leeren Raume gemacht würde, die Vermehrung des absoluten Gewichtes eines gegebenen Körpers durch den Zusatz von Wärme, könne bemerket werden.

Viertes Kapitel.

Von der Hervorbringung, der Mittheilung und der Anwendung der Wärme und Kälte.

Da ich im Vorhergehenden die Grundsätze der Theorie von der Wärme vorgetragen und hinreichend erläu-

*) Man sehe des Grafen Rumford Abhandlung über das der Wärme beygelegte Gewicht, in den philosophischen Transactionen für 1799.

tert habe, ist es nun nothwendig den Gegenstand auch noch in Ansehung seines Nutzens und seiner Anwendbarkeit zu untersuchen.

Wärme und Kälte sind relative Ausdrücke. Eine und dieselbe Temperatur ist kalt, wenn sie mit einer höheren verglichen wird und heiß in Vergleichung mit einer niedrigeren. Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche aber betrachtet man die mittlere Temperatur des Landes als die Grenze zwischen warm und kalt, indem man eine Temperatur unter dieser Grenze gewöhnlich kalt, eine über derselben aber warm nennet.

Die mittlere Temperatur eines Landes ist von Jahr zu Jahr nur einer sehr unbedeutenden Veränderung unterworfen: in Ansehung der mittleren Temperatur verschiedener Länder aber, hat eine beträchtliche Verschiedenheit statt, auch ist diese Verschiedenheit nicht blos der Breite, unter welcher ein Land liegt proportional, denn sie hängt auch von der Lage des Landes oder des Wassers, von der Nachbarschaft großer Kontinente, hoher Berge, oder großer Wälder und Meere u. s. w. ab.

Alle in der Welt empfindbare Wärme erhalten wir aus drey verschiedenen Quellen, nemlich erstlich: von der Sonne; zweytens wird sie entwickelt bey der Zusammendrückung, unter welchem Ausdrucke Stoß und Reibung zu verstehen ist, und drittens bey der Zersetzung und Zusammensetzung von Körpern, wozu Verbrennungen, Gährungen u. s. w. gehören.

I.

Die auf ein und dieselbe Stelle der Oberfläche der Erde in gerader Richtung fallenden Sonnenstrahlen sind nach den Jahreszeiten, nach der Reinheit der Atmosphäre, dem Zustande des Windes und auch nach der Beschaffenheit des Bodens mehr oder weniger heiß. In

England machen in den heissesten Tagen des Sommers die direkten Sonnenstrahlen das Thermometer selten bis auf 110° steigen. In anderen Klimaten aber und besonders unter den Wendekreisen machen sie, daß es beträchtlich höher steigt, nemlich 20; oder 30 oder sogar, wie man versichert, 40 Grade über 110 Grade. Indessen verdienen doch die Mährchen von ihrer Kraft Bley zu schmelzen und selbst Schießpulver anzuzünden, keinen Glauben.

Daß wir zu einer Zeit des Jahres viel mehr Hitze haben als zu einer anderen, kömmt nicht davon her, daß die Sonne uns näher oder weiter von uns entfernt ist, denn der Unterschied zwischen ihren verschiedenen Abständen von der Erde ist zu klein, als daß er eine fühlbare Wirkung hervorbringen könnte. Die wahren Ursachen davon aber, daß wir im Sommer größere Wärme haben als im Winter sind folgende: erstlich: weil die Sonne im Sommer unserm Zenith oder Scheitelpunkt näher ist und ihre Strahlen auf einem kürzern Wege durch die Atmosphäre zu uns gelangen und folglich nicht so lang von ihr aufgefangen werden als im Winter. Man sehe hiezu Fig 12 der XVIH Tafel, wo AB die Oberfläche der Erde, FGH die Atmosphäre, D und E zwey verschiedene Standpunkte der Sonne und C eine besondere Stelle auf der Oberfläche der Erde vorstellt. Bey der Ansicht dieser Figur wird es einleuchtend, daß die Entfernung von H bis C größer ist, als die von G bis C, das heist, daß die Sonnenstrahlen, wenn die Sonne bey D ist, durch einen kleineren Theil der Atmosphäre gehen, als wenn sie bey E ist. Daraus erklärt sich es auch, warum überhaupt die Sonnenstrahlen gegen die Mittagszeit heißer sind als dann, wenn sie eben erst aufgegangen ist oder bey ihrem Untergange; zweytens bekommen wir, wenn die Sonne höher steht, darum mehr Wärme, weil dann von ihren Strahlen eine größere Menge auf einen gegebenen Theil der Ober-

fläche der Erde fallen, als wenn die Sonne tiefer steht und ihre Strahlen in einer schieferen Richtung darauf fallen, und drittens: weil die Sonne im Sommer länger über dem Horizont bleibt als im Winter und folglich die Oberfläche der Erde ihren Strahlen auch länger ausgesetzt bleibt.

Bey der ersten Ansicht der Sache könnte man leicht bewogen werden, anzunehmen, daß die heißeste Zeit des Tages die Mittagszeit, nemlich die Zeit, da die Sonne am höchsten steht, und die heißeste Zeit im Jahre dann seyn müsse, wenn die Sonne die Sommersonnenwende erreicht hat. Das ist aber in der That nicht der Fall, denn wenn anders kein zufälliger Umstand darzwischen kömmt, ist der Tag immer in den Nachmittagsstunden am heisesten und zwar mit dem Unterschiede, daß im Winter die heißeste Periode des Tages dem Mittage näher ist als im Sommer. In England ist im Sommer die heißeste Zeit des Tages, worunter ich nicht die Hitze, welche durch die auffallenden Sonnenstrahlen verursacht wird, sondern die Hitze der Luft, die sie im Schatten hat, verstehe,) ohngefähr gegen zwey Uhr und eher noch etwas vor zwey Uhr. Die heißeste Zeit des Jahres ist in diesem Lande überhaupt im Julius, nemlich nach der Sonnenwende. Die Ursache davon ist: weil, obgleich die Sonnenstrahlen mehr Wärme geben, wenn die Sonne höher steht, so daß sie also zwar um zwey Uhr weniger Wärme verursachen müssen, als zur Mittagszeit, doch die Erde und die in ihrer Nähe befindliche Luft, einen beträchtlichen Theil von der erlangten Wärme an sich zurück behalten und also um zwey Uhr noch heißer seyn müssen als zur Mittagszeit, indem die Temperatur derselben, so lange sie zu irgend einer besonderen Zeit eine größere Quantität von Wärme erlangen, als sie von der, die sie bereits erlangt hatten, verlieren, immer mehr erhöht werden muß. — Eben dies gilt, mutatis

mutandis, von der Mittheilung der Kälte, oder der Beraubung der Wärme.

Am Tage bekömmt die Erde Wärme und in der Nacht verliert sie sie. Im Sommer aber verliert sie während der Nacht weniger Wärme als sie während des Tages bekömmt, daher wird dieser Ueberschuß derselben, den inneren Theilen der Erde allmählig von der Oberfläche aus mitgetheilt. Im Winter hingegen ist der Wärmeverlust während der Nacht größer ais die während des Tages erlangte Quantität derselben, daher wird den inneren Theilen der Erde nach und nach Kälte von der Oberfläche derselben aus mitgetheilt. Ist aber die erwähnte Sommerwärme bis zu einer gewissen Tiefe eingedrungen, so fängt die Winterkälte an, ihr entgegen zu wirken, wovon die Folge ist, daß unter einer gewissen Tiefe zu keiner Jahreszeit eine Veränderung der Temperatur statt hat, außer an denen Stellen, in deren Nähe ein Vulkan, oder eine besondere Verbindung gährender Mineralien befindlich ist. Solcher Stellen aber giebt es im Verhältnis zu der äußeren Oberfläche der Erde außerordentlich wenige und der Einfluß derselben ist auch sehr beschränkt.

Dies ist auch die Ursache von der Erscheinung, daß in tiefen Brunnen und selbst schon funfzig oder sechzig Fuß unter der Oberfläche der Erde, das Thermometer seinen Stand das ganze Jahr hindurch wenig oder gar nicht verändert. Dergleichen Brunnen scheinen uns warm im Winter und kalt im Sommer zu seyn, weil, da sie immer einerley Temperatur behalten, diese Temperatur in der That im Winter wärmer und im Sommer kälter ist, als die äußere Luft. Das ist auch der Grund davon, daß das Wasser tiefer Brunnen im Sommer kalt und im Winter warm scheint, und die Temperatur derselben ist beynahe in dem Grade gleichförmig,

daß man nach ihr die mittlere Temperatur eines Landes bestimmen kann. Man zieht nemlich in dieser Absicht einen Eimer voll Wasser aus einem Brunnen, der über funfzig Fuß tief ist, und wählt dazu besonders einen solchen, der nicht viel Wasser enthält; darauf steckt man sogleich das Thermometer in das Wasser und bemerkt den Grad, bis zu dem es steiget. Dieser bezeichnet dann die mittlere Temperatur des Landes, in welchem der Versuch gemacht wird, oder ist doch nur sehr wenig davon verschieden *).

In dem Keller der Pariser Sternwarte, gegen neunzig Fuß unter dem Boden, stand das Thermometer auf 55° **), und seine Abweichung von diesem Stande betrug nicht einen Grad. Das Mittel zwischen der größten Kälte und der größten Hitze, die man zu Paris in 56 Jahren beobachtet hat, 54°,5 ***).

In London ist die mittlere Temperatur 50° ****). Im Laufe der Zeit aber, ist die mittlere Temperatur eines

*) Man sehe die philosophischen Transactionen B. 78. S. 110.

**) Doct. Martine sagt 53°. Man sehe seine medizinischen und physikalischen Versuche. S. 319.

***) Denkschriften der Akademie der Wissenschaften 1765. S. 202.

****) Aus dem Tagebuche der königlichen Societät, das das ganze Jahr hindurch zwey Beobachtungen des Thermometers für jeden Tag giebt, sieht man, daß das allgemeine Mittel 50°, 5 ist; das Mittel für jedes einzelne Jahr ist zuweilen nur gegen 48° und zu anderen Zeiten wieder 52°. Nach dem Tagebuche über das Sirtische Thermometer, das in den letzteren Jahren in dem Journale der königlichen Societät ist aufgenommen worden, ist das Mittel zwischen der größten Kälte der Nacht und der größten Wärme des Tages 49, 97. Und nach den in der Marlborough-Straße, von dem verstorbenen Lord Carl Cavendish angestellten Versuchen ist das Mittel zwischen der größten Hitze des Tages und der größten Kälte der Nacht 49°, 196.

Landes Veränderungen unterworfen, die ihren Grund in der Art der Kultivirung desselben und mehreren anderen Ursachen haben *).

Nach einer Untersuchung verschiedener, dreyßig Jahre lang fortgesetzter meteorologischer Beobachtungen, hat der Pater L. Cotte folgende, das Thermometer betreffende, allgemeine Axiome aufgestellt *).

„Das Thermometer steigt bis auf seinen höchsten Punkt öfterer in den gemäßigten Zonen, als in der heißen.

„Zwischen den Wendekreisen verändert es seinen Stand nur wenig; die Veränderungen desselben sind, wie die des Barometers, desto größer, je weiter man sich von dem Aequator nach den Polen zu entfernt.

„Es steigt höher in Ebenen als auf Bergen.

„In der Nähe des Meeres fällt es nicht so tief als in dem Inneren des Landes.

„Der Wind hat keinen Einfluß auf seine Bewegungen.

„Feuchtigkeit hat, wenn ein Wind darauf folgt, der sie zerstreut, einen besonderen Einfluß auf dasselbe.

„Die größte Wärme und die größte Kälte tritt ohngefähr sechs Wochen nach der nördlichen oder südlichen Sonnenwende ein.

„Das Thermometer ist veränderlicher im Sommer, als im Winter.

„Die kälteste Tageszeit ist vor Sonnenaufgang.

Man sehe die philosophischen Transactionen für 1788. Art. 5 und 6, auch Kirwan über die Temperatur verschiedener Breiten.

*) Man sehe Mann's Abhandlungen in dem physikalischen Magazine Band IV. und V.

**) Gren's Journal der Physik Band III. S. 5.

„Die größte Hitze im Sonnenschein und im Schatten, hat selten an einem und demselben Tage statt.

„Die Hitze nimmt weit schneller von dem September und October an ab, als sie vom Julius an bis zum September zunimmt.

„Es ist nicht wahr, daß ein sehr kalter Winter das Zeichen eines sehr heißen darauf folgenden Sommers ist.“

Die Wahl des Platzes für ein Thermometer, mit dem die Temperatur der umgebenden Luft zu verschiedenen Zeiten soll bestimmt werden, ist keine gleichgültige Sache. Daß es außerhalb des Hauses in einiger Entfernung von der Wand desselben und gegen einen warmen Luftzug aus Küchen u. s. w. kommend, gesichert, müsse angebracht werden, ist einleuchtend und versteht sich von selbst; allein man hat beobachtet, daß in Ansehung der Localwärme gewisse Besonderheiten statt haben, die oft die Angaben eines einzelnen Thermometers zweifelhaft oder zweydeutig machen und daher dürfte es wohl am sichersten seyn, sich bey Beobachtungen zweyer oder dreyer Thermometer zu bedienen, die in verschiedenen Höhen von der Oberfläche der Erde aufgestellt worden und aus ihren gleichzeitigen Angaben ein Mittel zu nehmen.

Mit einem Worte: man hat beobachtet, daß Thermometer die in verschiedenen Höhen angebracht sind, auch verschieden angegriffen werden oder verschiedene Einwirkungen erfahren, und, was noch merkwürdiger ist, daß in der Nacht, besonders wenn die Luft still und der Himmel völlig wolkenleer ist, das nahe an der Oberfläche der Erde befindliche Thermometer einen größeren Grad der Kälte angiebt als ein in einer höhern Lage angebrachtes. Man hat über diese Temperaturen-Eigenheit sehr viele Beobachtungen gemacht, allein wir sind dadurch doch noch nicht in den Stand gesetzt worden, allgemeine Gesetze davon herzuleiten und aufzustel-

len. Alles was man darüber sagen kann ist das: daß dieser Unterschied von partiellen oder abgetheilten Temperaturen, der nicht viel Grade beträgt, vielleicht von der Ausdünstung oder auch, wie Six vermuthet, von der Kälte, die der Thau oder die Dünste während ihres Niederfallens annehmen könnten, möchte bewirkt werden *).

Indessen darf diese letztere Bemerkung doch nur von Höhen die nicht groß sind, verstanden werden, denn in größeren Erhöhungen, dergleichen Berge sind, ist der Unterschied der Temperaturen sehr auffallend und merkwürdig, so daß es in jedem Klima und selbst unter der heissen Zone, Berge giebt, die jenseits einer gewissen Höhe mit ewigem Eis bedeckt sind; der Grund dieser Erscheinung liegt darinn, daß diese Theile der Berge so weit von dem Körper der Erde entfernt sind, daß sie keinen Theil an dem allgemeinen Wärmevorrath nehmen können, den der ganze Erdkörper von der Sonne bekömmt. Eine andere, hiezu mitwirkende Ursache ist auch, daß Berge gar sehr den Winden und besonders solchen Winden ausgesetzt sind, die in den unter ihnen liegenden Ebenen entstehen, und wie Doctor Darwin sehr richtig bemerkt,**) wegen der Ausdehnnng der aufwärts steigenden Luft, eine beträchtliche Kälte verursachen müssen.

Die Eislinie, jenseits welcher man kein flüssiges Wasser mehr findet, ist nach dem Unterschiede der Breite, mehr oder weniger von der ebenen Oberfläche der Erde entfernt.

*) Man sehe Wilson's Abhandlung in den philosophischen Transactionen für 1780 und Six sinnreiche Abhandlungen über Localwärme in den philosophischen Transactionen für 1784 und 1788.

**) In den philosophischen Transactionen für 1788. Art. 4.

Aus Bouguer's und anderer Beobachtungen erhellt, daß in der Mitte der heißen Zone, die Eislinie ohngefähr in der Höhe von 15600 Fuß liegt, in der Nähe der Wendekreise, oder bey dem Anfange der gemäßigten Zonen, liegt sie in der Höhe von ohngefähr 13428 Fuß. Auf der Insel Teneriffa, die im 28° nördlicher Breite liegt, befindet sich die Eislinie in einer Höhe von ohngefähr 10000 Fuß. In Auvergne, unter 45° nördlicher Breite, ist sie ohngefähr 6740 Fuß hoch. Zwischen dem 51sten und 54sten Grad nördlicher Breite, scheint sie ohngefähr 5800 Fuß hoch zu seyn. Bey 80° nördlicher Breite fand sie der Lord Mulgrave in einer Höhe von ohngefähr 1200 Fuß über der Meeresfläche, daher man, wie General Roy bemerkt, schließen kann, daß bey dem Pole selbst, die Erde beständig mit Schnee bedeckt ist.

Ehe ich die Bemerkungen über die erste und Hauptursache der Wärme, nemlich über die Sonnenwärme, beschließe, muß ich noch erwähnen, daß wir von keinem anderen Himmelskörper fühlbare Wärme bekommen. Man sollte in der That glauben, daß der Mond, wegen des starken Lichtes, das er auf die Erde wirft, einige Wärme mittheilen müsse, allein ob man gleich sein Licht, durch einen großen konkaven Spiegel konzentrirt und auf die empfindlichsten Thermometer hat fallen lassen, weiß ich doch nicht mit Gewißheit, ob es einigen Einfluß darauf gehabt hat. Man hat über das Verhältniß zwischen dem Lichte, was wir unmittelbar von der Sonne bekommen und zwischen dem was der Mond uns zuwirft, sehr viele Berechnungen gemacht, aus denen sich ergiebt, daß das Licht des Mondes mehrere hundert mal weniger dicht ist als das Sonnenlicht, und man glaubt daß eben dies Verhältniß auch in Ansehung der Wärme beyder Himmelskörper statt habe.

II.

Der Druck oder der Stoß, (collision) welcher eine plötzliche Zusammendrückung ist, ist die zweyte und allgemeiner benutzte Ursache der Wärme und wenn die auf diese Art hervorgebrachte Wärme brennbaren Stoffen mitgetheilt wird, bewirkt sie jene Zersetzung, die man gewöhnlich Feuer nennt.

Wenn man Holz an Holz oder einem harten Kärper und Metall an Metall oder einem anderen Körper, oder überhaupt feste Körper an einander reibt oder schlägt, so werden sie dadurch erhitzt und werden dies oft so sehr, daß sie rothglühend werden.

Hierdurch kann Wärme auch da hervorgebracht werden, wo schlechterdings keine Sauerstoffluft befindlich ist, so daß sie in solchen Fällen nicht von der Zersetzung dieser Luft kann hergeleitet werden. Diese Erfahrung hat Verschiedene auf die Vermuthung geleitet, daß Wärme nicht die Wirkung einer besonderen und eigenen Substanz, die man Wärmestoff genannt hat, sondern blos eine besondere oder eigene Bewegung der Theile von Körpern sey. *) Man muß indessen hiebey in Betrachtung ziehen, daß jede Friction ohne Ausnahme, eine Zusammendrückung, das heißt eine Zusammenziehung des Volumens der Körper, die sie erfahren, wenigstens auf einige Zeit hervorbringt, **) und daß daher der Wärmestoff aus den Körpern selbst getrieben wird und wenn er den naheliegenden oder umgebenden Kör-

*) Dies behauptet unter den deutschen Physikern auch Hube, in seinem Unterricht in der Naturlehre B. II. S. 116 ff.

**) Holz und andere weiche Substanzen werden durch Friction sichtbar zusammengezogen. Auch metallische Körper werden es durch reiben, rollen oder hämmern, denn ihre spezifischen Schweren werden dadurch vermehret.

pern mitgetheilt worden, die gewöhnlichen Zeichen der Wärme hervorbringt.

Was diesen Beweis noch verstärkt ist: daß Substanzen, die sich nicht zusammendrücken lassen, durch mechanische Kraft nicht erwärmt werden. So wird ein Feuerstein oder ein Kiesel durch die Schläge eines Hammers blos zerbrochen, ein Stück Metall aber wird dadurch erhitzt. Eben so kann man ein beliebiges Gewicht auf eine Quantität Wasser legen, ohne daß dadurch die Temperatur derselben verändert würde, weil sich das Wasser fast gar nicht zusammendrücken läßt; legt man aber ein größeres Gewicht auf eine Quantität Luft, so wird das Volumen dieser Luft zusammengezogen und die Temperatur derselben erhöht werden.

Durch ohngefähr funfzehn oder zwanzig starke und schnelle Schläge mit dem Hammer auf den Endtheil eines eisernen Stabes, von ohngefähr einen Viertelzoll im Durchmesser, der auf einem Ambos liegt, wird ein geschickter Schmidt dieses Ende des Stabes sichtbar rothglühend machen. Aber die Hervorbringung lebhafter brennender Funken durch das Anschlagen eines Stahls an den Rand eines Feuersteins ist eine nicht weniger bemerkenswerthe Erscheinung. Läßt man diese Funken auf einen Bogen Papier fallen, so findet man, daß sie Theilchen von dem Stahle und zum Theile oxygenirt sind. Sie werden durch den Feuerstein abgerissen und dabey so zusammengedrückt, daß sie erhitzt werden, u. s. w.

III.

Endlich entsteht auch Wärme drittens noch, durch Vermischung, durch Zusammensetzung und durch Zersetzung von Körpern.

Wenn

Wenn Säuren, oder Weingeist mit Wasser vermischt werden, so werden sie dadurch mehr oder weniger warm und dies thun auch eine Menge anderer Körper, wenn sie vermischt werden. Nicht eine jede Mischung wird erhitzt, sondern man hat bemerket, daß, so oft eine Mischung von zwey oder mehreren Körpern erhitzt wird, das Volumen einer solchen Mischung kleiner ist als die Summe der Volumina der einzelnen Ingredienzien, daß also eine Zusammendrückung oder Konzentration statt hat, die mit einer Entwickelung von Wärmestoff verbunden ist.

Die Gährung oder Zersetzung so wohl thierischer als vegetabilischer Substanzen, ist allemal mit Wärme verbunden. Diejenige Art der Zersetzung brennbarer Substanzen oder von Sauerstoffluft, die ein Rothglühen u. s. w. hervorbringt, wird gewöhnlich Feuer genannt, und dies wird durch seine eigene Kraft allmählig von einem Theile zu dem andern fortgepflanzt. Wenn daher die oben erwähnten glühenden Stahltheilchen auf eine Substanz fallen, die leicht zersetzt wird, wie der Zunder ist, so werden die berührten Zundertheile erhitzt und durch diese Hitze zersetzt, und da nun die Bestandtheile derselben den Sauerstoff der Luft anziehen, so machen sie den Wärmestoff dieser Flüssigkeit los und dieser erhitzt und zersetzt die anliegenden Theilchen des Zunders, die dann noch mehr Luft zersetzen und so geht die Verbrennung fort und dauert so lang, als Substanzen und Sauerstoffluft zu zersetzen da sind.

Es ist einleuchtend, daß die Berührung einer wirklich brennenden Substanz nicht schlechterdings nothwendig ist um die Verbrennung anderen brennbaren Körpern mitzutheilen, indem es schon genug ist, solche brennbare Körper bis zu einem gewissen Grade zu erwärmen. Die Wärme kann auch ohne wirkliche Berührung des erhitzten Körpers mitgetheilt werden.

Bayerische Staatsbibliothek München

Zuweilen entzündet ein brennender Körper auch einen anderen, der ihm nicht so nahe ist, daß er hinreichend durch ihn könnte erhitzt werden. So geschieht es, zum Beyspiele, häufig, daß, wenn ein eben erst ausgeblasenes Talglicht in einer solchen Richtung in einer gewissen Entfernung von der Flamme eines anderen brennenden Lichtes gehalten wird, daß der von jenem aufsteigende Rauch oder Dampf durch die Flamme des letzteren gehen kann, jenes dadurch angezündet wird. Es muß aber auch bemerkt werden, daß in diesen und anderen ähnlichen Fällen der Rauch- und Dampf-Strohm eine wirkliche Zündlinie von brennbarem Stoff ist, die entzündet worden ist und nun nach und nach von der Flamme des brennenden Lichtes an bis zu dem Dochte des anderen brennt.

Eine Menge ökonomischer Einrichtungen, die eingeführten Gewohnheiten des größten Theiles der Erdbewohner, die Wirkungen mehrerer Künste, so viele Annehmlichkeiten, ja die Erhaltung des Lebens selbst — alles das macht eine künstliche Unterhaltung der Wärme nothwendig. Der größte Theil dieser Wärme aber kann blos durch das Verbrennen brennbarer Körper erhalten werden.

Die Brennstoffe oder die Materialien zur Unterhaltung des gewöhnlichen Feuers, sind entweder Holz oder Steinkohlen; denn alle andere brennbare Substanzen sind weder in großer Menge vorhanden, noch können sie mit Vortheil angewendet werden. Selbst das Brennholz ist fast in ganz Europa seltner geworden und auch Kohlen findet man nicht in jedem Lande und wo man sie findet, da müssen ihre Lager mit der Zeit ausgeleert werden. Diese Betrachtungen sollten überall den Vorsatz bewirken, beyde Arten der Brennmaterialien mit Sorgfalt und Sparsamkeit zu verbrauchen. Bey einer zweckmäßigen Einrichtung kann der unnützen Ver-

Bayerische
Staatsbibliothek
München

wüstung derselben gesteuert werden, ohne darum die Vortheile zu vermindern, die der Gebrauch des Feuers gewährt.

Die Beobachtung folgender allgemeiner Regeln kann bey der Einrichtung von Feuerstellen und in Bezug auf die Benutzung der Hitze derselben von Nutzen seyn.

1. Die zur Erbauung von Feuerstellen zu brauchenden Materialien, sollten immer schlechte Wärmeleiter seyn, man sollte also lieber irdene oder Steine dazu wählen, als Metalle. Wo man aber nothwendig Metall dazu nehmen muß, müssen die metallischen Theile von Backsteinen oder anderen schlechten Wärmeleitern umgeben werden, diejenigen Stellen jedoch ausgenommen, wo die Wärme durchgelassen werden soll.

2. Der zur Verbrennung nothwendige Luftzug muß gerade stark genug, nie aber zu stark seyn. Der Strohm desselben muß in einer solchen Richtung geführt werden, daß er nicht auf die Gefäße, oder Personen u. d. gl. m. stößt, die von dem Feuer sollen erwärmt werden. — Man hat gefunden, daß es besser ist in einen Ofen, in welchem eine starke Hitze soll hervorgebracht werden und bey dem man sich der Bälge bedient, eine große Quantität Luft mit einer geringen Geschwindigkeit ströhmen zu lassen, als eine kleinere Quantität mit größerer Geschwindigkeit hinein zu leiten.

3. Wenn Hitze durch Röhren, Gänge u. d. gl. m. soll geleitet werden, so muß man die Vorsicht gebrauchen, diese Röhren mit schlechten Wärmeleitern zu umgeben.

4. In Ansehung der Feuerstellen, Essen, Oefen u. s. w. so wie auch der Leitung der Wärme, muß man ebenfalls bemerken, daß die Wärme von gewissen Körpern durchgelassen, von anderen aber zurückgeworfen wird und von noch anderen anders gerichtet, oder in ihrem Laufe abgebogen wird, indem sie durch sie geht*).

*) Ueber die besonder Einrichtung der Küchenfeuerstellen, sehe man des Grafen Rumford's Versuche.

Diese Eigenschaften werden in der Folge kurz erklärt werden.

Unter den festen Körpern sind die metallischen Substanzen die besten Wärmeleiter und nach ihnen einige feste Steine. Die anderen erdigten Körper leiten die Wä me in eben dem Verhältnisse schlechter, in welchem ihr Gewebe weniger fest und mehr mit Wasser oder öligsten Substanzen vermischt ist. Kohlen und andere brennbare Mineralien sind sehr schlechte Wärmeleiter. Holz und andere Pflanzentheile, wie auch solche Körper, welche aus jenen gemacht werden, als Papier, Seile u. s. w. sind so sehr schlechte Wärmeleiter, daß man ein wirklich brennendes Stück von einem derselben, dem Finger weiter als bis auf einen Zoll nähern kann, ohne Nachtheil davon zu empfinden. Holzkohle und Holzkohlenstaub sind sehr gute Nichtleiter der Wärme und daher sehr geschickt, bey Röhren und dergleichen angebracht zu werden, in welchen Wärme erhalten werden soll.

Flüssigkeiten scheinen ausserordentliche schlechte Leiter, wo nicht vollkommene Nichtleiter der Wärme zu seyn. Ja die Wärme scheint durch Flüssigkeiten blos durch die innere Bewegung ihrer Theile fortgepflanzt zu werden. Alles, was diese Bewegung gestattet oder befördert, trägt zur Fortpflanzung der Wärme bey; — und alles, was jene Bewegung hindert oder hemmt, verzögert die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten. Die Lufttheilchen, welche mit einem erwärmten Körper in Berührung kommen, werden, indem sie dadurch erwärmt und verdünnt werden, specifisch leichter, als die sie umgebende Luft und steigen folglich in die Höhe; dann kömmt wieder andere Luft mit dem erwärmten Körper in Berührung, und wird ebenfalls erwärmt und dadurch also auch genöthiget, aufwärts zu steigen u. s. f. So wird die Wärme von dem ursprünglich heißen Körper durch die Luft zu einer Entfernung von demselben

geleitet. Wird aber diese Bewegung der Luft durch die Dazwischenkunft von Abtheilungen von Papier, Wolle, Baumwolle, Pelzwerk u. d. gl. m. gehemmt; so wird dadurch die Mittheilung der Wärme im Verhältniß zu der Hinderung der Bewegung, mehr oder weniger verhindert. Und es ist hauptsächlich eine Wirkung dieser Hinderung, daß Pelze, Federn, Eyderdunnen, Baumwolle und dergleichen, warme Bekleidungen abgeben; sie verhindern nemlich dadurch, daß sie in großer Masse die Bewegung der Luft zwischen ihren Fasern hemmen, zugleich auch die Zerstreuung der Wärme.

Eben diese Bemerkungen lassen sich auf das Wasser und vielleicht auf alle andere Flüssigkeiten anwenden. Wenn ein mit Wasser angefülltes Gefäß über Feuer gesetzt wird, so werden diejenigen Wassertheilchen, die zunächst an dem Boden des Gefäßes sind, zuerst erwärmt und verdünnt und werden also spezifisch leichter; daher steigen sie in die Höhe und andere kältere Theilchen nehmen dagegen ihre Stelle ein; diese werden nun wieder erwärmt und steigen darauf ebenfalls in die Höhe u. s. w. Dies ist die Ursache der innern Bewegung des Wassers, während des Erhitzens. Wird das Feuer auf dem obern Theile des Wassers angebracht, so wird dadurch das untere Wasser nicht erwärmt, denn erwärmtes und verdünntes Wasser steigt nicht unterwärts.

Der Graf Rumford schloß auf dem Boden eines ziemlich hohen gläsernen Gefäßes, das mit Wasser, welches dem Siedepunkt nahe war, angefüllt worden, ein Stück Eis ein und bemerkte die Zeit, welche erforderlich war, das Eis zu schmelzen. Er wiederholte darauf den Versuch, aber mit dem Unterschiede, daß ein ähnliches Stück Eis auf der Oberfläche des heißen Wassers angebracht wurde. Der Erfolg davon war, daß das Eis mehr als achtmal langsamer schmelzte, wenn kochend heißes Wasser auf der Oberfläche desselben stand,

als wenn man das Eis blos auf der Oberfläche des heißen Wassers schwimmen ließ. Diese höchst merkwürdige Erscheinung kann leicht durch die bereits erwähnte Eigenschaft flüssiger Körper erklärt werden. Wenn nemlich das Eis auf der Oberfläche des heißen Wassers schwimmt, so senken sich die Theilchen des Wassers, die an dem Eise liegen, weil sie dadurch kalt werden, niederwärts und andere heiße Wassertheilchen nehmen ihre Stelle ein, geben dann dem Eise einen Theil ihrer Wärme ab und fallen niederwärts, und so fort. Liegt aber das Eis auf dem Boden, so werden die Wassertheilchen, die mit ihm zuerst in Berührung kommen, abgekühlt und dadurch specifisch schwerer gemacht; sie bleiben folglich auf ihrer Stelle, und so hat keine Bewegung in dem Inneren dos Wassers statt *).

A B Fig. 13. Taf. XVIII, ist ein gläsernes Gefäß abgebildet, das mit dem Gefäße eines Thermometers Aehnlichkeit hat, nur daß es größer und an seinem oberen Theile offen ist. Der Durchmesser der Hohlung der Röhre desselben beträgt ohngefähr den vierten Theil eines Zolles. Dieses Gefäß fülle man bis auf einen Zoll von dem oberen Theile mit Wasser an und vermische mit dem Wasser einige Pulverarten **), deren spezifische Schwere der des Wassers beynahe gleich sind, so daß sie in demselben schwebend bleiben, so wird sich die Bewegung des Wassers an der Bewegung der Pulvertheilchen erkennen lassen. Wird nun die Kugel B gelind erwärmt, so wird man sehen, daß ein Strohm von warmem Wasser längs der Seite der Röhre sich erheben wird, indes zugleich ein anderer Strohm von kälterem Wasser längs der anderen Seite des Gefäßes niederwärts gehen wird.

*) Man sehe des Grafen Rumford siebenten Versuch.

**) Pulver von dem durchsichtigen gelben Ambra schickt sich sehr gut darzu.

Alles, was die freye Bewegung der Theilchen der Flüssigkeit hindert, hindert auch zugleich die Fortpflanzung der Wärme durch dieselbe. So kann Wasser, das durch eine Mischung von Stärke und anderen Substanzen verdickt worden, oder dessen Bewegung durch Wolle, Baumwolle, Eyderdunnen u. d. gl. m. gehindert wird, schwerlich eben so bald erwärmt werden als reines und helles Wasser. Daher kann man es sich auch erklären, warum Aepfel uud einige andere Früchte nicht leicht warm oder kalt werden können; sie bestehen nemlich fast ganz aus kleinen, mit Flüssigkeit angefüllten Bläschen, und die Flüssigkeit kann sich folglich nicht von dem einen Theile der Frucht zu dem andern bewegen.

Von einem warmen Körper ströhmt, wenn er in eine kältere Temperatur gebracht wird, Wärme aus und verbreitet sich, wenn sie nicht durch die Dazwischenkunft besonderer Substanzen daran verhindert wird, nach allen Richtungen. Einzelne Theile dieses Wärmeergusses werden Wärmestrahlen genannt, nicht etwa, weil jener Wärmeausfluß, so weit wir ihn kennen, aus einzelnen Ströhmen bestünde, sondern blos um die Sache besser oder verständlicher darstellen zu können.

Die Wärmestrahlen haben mit den Lichtstrahlen nicht einerley Beschaffenheit, denn wenn sie nicht von einander verschieden wären, so müste eine gewisse Quantität von Wärme beständig von einerley Lichtquantität begleitet seyn, man findet aber, daß verschiedene Substanzen ziemlich viel Licht, ohne die geringste empfindliche Wärme verbreiten und daß wieder andere einen beträchtlichen Grad von Wärme ohne das geringste Licht geben. Eine sehr starke Bestätigung aber davon, daß sie wirklich zwey verschiedene Naturpotenzen sind, geben Herschels neueste Entdeckungen, von welchen die hauptsächlichsten in der Folge werden erwähnt werden.

Die von der Sonne oder irgend einem anderen warmen Körper kommenden Wärmestrahlen gehen, so lang sie auf kein Hinderniß oder einen Körper stoßen, der ihren Fortgang hindert, von dem ganzen Körper aus, in geraden Linien fort. Treffen sie auf einen Körper, so werden sie nach der Beschaffenheit und Gestalt desselben von ihm entweder zurückgeworfen, oder verschluckt oder durchgelassen. Gewöhnlich haben diese Wirkungen alle zugleich statt, das heist: die Wärmestrahlen werden von dem nemlichen Körper zum Theil reflektirt oder zurückgeworfen; zum Theil absorbirt oder verschluckt und zum Theil durchgelassen; jeder Körper aber bringt einige von diesen Wirkungen stärker als die anderen hervor.

Die nemlichen Beobachtungen kann man auch bey dem Lichte machen; die Strahlen desselben gehen nemlich von dem leuchtenden Körper aus nach allen Richtungen hin in geraden Linien fort, bis sie auf einen Körper fallen, der sie entweder zurückwirft, oder einschluckt, oder durchläßt. Aber nicht alle Wirkungen, die ein gegebener Körper auf die Lichtstrahlen macht, sind mit denen, die der nemliche Körper in Ansehung der Wärmestrahlen hat, gleich; so wird zum Beyspiele, eine Metallplatte, die für das Licht undurchdringlich ist, eine beträchtliche Quantität Wärme durchlassen, da im Gegentheile eine Glasplatte Licht in größerer Quantität als Wärme durchläßt und so fort.

Die Oberflächen aller Körper werfen die auf sie fallenden Wärmestrahlen in größerer oder kleinerer Quantität zurück. Polirte Oberflächen, besonders von metallischen Körpern, werfen sie am stärksten zurück. Man hat gefunden, daß der Einfallswinkel dem Reflexions- oder Zurückwerfungswinkel gleich ist, oder mit anderen Worten: der Winkel, welchen die auf irgend

einen Punkt einer gegebenen Oberfläche fallenden Wärmestrahlen mit der senkrechten Linie auf die Oberfläche bey diesem Punkte machen, ist dem Winkel gleich, den die nemlichen Strahlen nach ihrer Zurückwerfung mit eben dieser Perpendiculare oder senkrechten Linie machen *). So geht zum Beyspiele, die von dem warmen Körper A, Fig. 16. Taf. XVIII. ausstrahlende Wärme durch das Loch bey G und stößt bey B auf die reflektirende oder zurückwerfende Oberfläche E F, wird von ihr in der Richtung B C zurückgeworfen und bildet mit der senkrechten B D, den Einfallswinkel G B D, welcher dem Reflexionswinkel D B C gleich ist, und in der That wird auch die zurückgeworfene Wärme, auf das in der Richtung B C irgendwo angebrachte Thermometer wirken.

Daraus folgt denn auch, daß wenn die zurükwerfende Oberfläche nicht gleichförmig, das heist nicht eben, sondern rauh und uneben ist, die Wärme nach mehreren Richtungen zerstreut werden muß. Ist die Oberfläche eben und glatt, so ist der Strohm der reflectirten Wärme, dem einfallenden Strohme gleich; ist die Oberfläche konvex oder erhaben, so wird die Wärme divergirend oder auseinanderlaufend zurückgeworfen; und ist endlich die Oberfläche konkav oder hohl, so wird die Wärme konvergirend oder zusammenlaufend, daß heißt gegen einen engen Raum, welcher Fokus oder Brennpunkt genannt wird, zurückgeworfen, hinter welchem dann die Wärmestrahlen, die sich nun durchkreuzt haben, divergirend fortgehen. So wird zum Beyspiele Fig. 18. Taf. XVIII., die von dem Körper A ausströhmende und auf

*) Oder noch deutlicher: Wenn ein Wärmestrahl von einer Fläche zurückgeworfen wird, so machen der einfallende und der zurückgeworfene Strahl mit der Fläche selbst gleiche Winkel.

der Uebersetzer.

die konkave zurückwerfende Oberfläche B C fallende Wärme, gegen E F zurückgeworfen werden, das heist: die Strahlen, welche auf den Theil, welcher näher bey B ist, fallen, werden in der Richtung B F und diejenigen, welche auf den Theil fallen, der näher bey C ist, werden in der Richtung C E zurückgeworfen werden, so daß alle Strahlen der zurückgeworfenen Wärme durch einen kleinen Raum oder Fokus bey D gehen, sich hier durchkreuzen und dann divergirend gegen E F fortgehen werden. Es ist wohl kaum nöthig zu bemerken, daß das Thermometer stärker angegriffen werden wird, wenn es bey D, als wenn es an irgend einem anderen Theile des doppelten Kegels B C D E F angebracht ist. Daß jene Wärmestralen aber sich bey D einander wirklich durchkreuzen, kann leicht bewiesen werden, denn wenn man mit einem Schirme G den oberen Theil der einfallenden Wärmestrahlen auffängt, so wird das Thermometer blos von der in der Richtung C E zurückgeworfenen Wärme angegriffen werden und fängt man dagegen den unteren Theil der einfallenden Strahlen vermittelst des Schirmes H auf, so wird das Thermometer blos von der in der Richtung B F zurückgeworfenen Wärme angegriffen werden.

Die Eigenschaft welche verschiedene Körper besitzen, Wärme entweder aufzufangen oder zu absorbiren, hängt von der Farbe des Körpers, von seiner Capacität für die Wärme, von seiner leitenden Kraft und von der Glätte oder Rauchheit seiner Oberfläche ab.

Körper von den dunkelsten Farben haben überhaupt die größte Capacität für den Wärmestoff und rauche Oberflächen absorbiren die meiste Wärme. Wenn von den Kugeln mehrerer Thermometer jede mit einer verschiedenen Farbe gefärbt ist und sie einem Feuer oder

der Sonne oder einem brennenden Lichte ausgesetzt werden, so werden sie ungleich davon angegriffen werden*).

Wenn Wasser- und Queckſilber-Quantitäten von gleichem Gewichte, wenn alles übrige gleich iſt, vor ein Feuer geſtellt werden, ſo wird das Waſſer mehr Wärme einſchlucken als das Queckſilber; daher wird auch die Temperatur deſſelben langſamer erhöht werden, als die des Queckſilbers**).

Auch der Durchgang der Wärme durch Körper iſt mit merkwürdigen Erſcheinungen verbunden.

Es ſcheint überhaupt daß die Wärmeſtrahlen, wenn ſie aus einem dünneren in ein dickeres Medium in ſchiefer Richtung gehen, gegen die Perpendiculare auf die ſie auffangende Oberfläche gebogen werden und daß ſie dagegen von dieſer Perpendiculare abgebogen werden, wenn ſie aus einem dichteren Medium in ein dünneres gehen. Dieſe Beugung, welche die Wärmeſtrahlen bey ihrem Durchgange erfahren, wird Refraction oder Strahlenbrechung genannt. Wenn alſo, zum Beyſpiele, ein Wärmeſtrahl, der von einem Körper A Fig. 19 Taf. XVIII. ausgeht, auf die Oberfläche C D, eines Stück Glaſes C E D F fällt, ſo wird er in der Richtung B G gebogen werden, und wenn er wieder aus dem Glaſe G in die Luft geht, ſo wird er in der Richtung G I gebogen werden. Daraus folgt, daß, je nachdem die Geſtalt des brechenden Körpers beſchaffen iſt, der Wärmeſtrohm entweder unregelmäßig, oder in einer Richtung, die mit ſeiner Einfallsrichtung paralell iſt, oder in einer divergirenden Richtung oder endlich auch in einer konvergirenden kann gebrochen werden. Im letzteren Falle wird der kleinſte Raum auf welchem die gebrochenen Strahlen geſammelt werden und

*) S. die philoſophiſchen Transactionen. Band 70. den letzten Artikel.

**) Man ſehe Martine's Verſuch über das Erwärmen und Erkälten von Körpern.

jenseits welches sie divergirend fortgehen, der Strahlenpunkt oder der Fokus oder der Brennpunkt der gebrochenen Wärme genannt, und wird ein Thermometer bey dieser Stelle angebracht, so wird es an derselben stärker angegriffen werden, als an jeder anderen Stelle des gebrochenen Strohmes.

Wird das Thermometer außerhalb des zurückgeworfenen Strohmes, aber sehr nahe an dem Fokus entweder der zurückgeworfenen, oder der gebrochenen Strahlen angebracht, so wird dadurch die Temperatur desselben nicht erhöht werden, deun die Wärmestrahlen weichen, so lange sie kein Hinderniß antreffen, nicht von ihrer Richtung ab. Wird aber ein Stück Holz oder Metall oder, mit einem Worte, von irgend einer unregelmäßigen Substanz, das im Stande ist, den Durchgang der Wärme zu hemmen, in den Fokus gebracht, so wird das Thermometer von der Nachbarschaft dieses Fokus angegriffeu werden, denn in diesem Falle werden die Wärmestrahlen zurückgeworfen und umher gestreut. Daher wird auch reines Wasser, das an diesen Fokus gesetzt wird, entweder gar nicht oder doch um ein sehr großes Theil schwächer erwärmt als ein dunkler Körper *).

Die Lichtstrahlen werden ebenfalls gebrochen, wenn sie durch durchsichtige Körper gehen. Aber Herschel hat es einleuchtend bewiesen, daß die Wärmestrahlen anders gebrochen werden, als die Lichtstrahlen, so daß sie, ob sie gleich oft zusammen von einem Körper, zum Beyspiele, von der Sonne oder von einem gemeinen Feuer

*) Der Leser lasse es sich nicht befremden, daß ich in diesem Kapitel der zurückwerfenden und brechenden Eigenschaften verschieden gestalteter Körper, dergleichen konkave und konvexe Reflectoren, Linsengläser, Prismen u. dgl. sind, nur flüchtig erwähne; ich verweise ihn deshalb auf den nächsten Abschnitt, der von dem Lichte handelt, in welchem sie besonders werden beschrieben werden.

ausgehen, doch zwey verschiedene Potenzen zu seyn scheinen.

Wenn die Sonnenstrahlen, wie Fig. 15 Taf. XVIII. A B, die durch ein Loch A in ein dunkles Zimmer fallen, auf einem dreyeckigten gläsernen Prisma C aufgefangen werden, so wird dieser Strohm, der aus Wärme- und Licht-Strahlen zugleich besteht, nicht nur durch das Prisma gebogen, sondern auch in die längliche Figur D F, welche ohngefähr eben so breit als das Loch bey A und nach Maaßgabe der Entfernung von dem Prisma, länger oder kürzer ist, zerstreut werden, denn er kann auf einer, in einiger Entfernung von dem Prisma angebrachten Tafel oder einem Schirme aufgefangen werden. Diese längliche Figur besteht aus Licht und Wärme, welche folgender Gestalt vertheilt oder geordnet sind. Von D bis zu E besteht die Figur aus den leuchtenden Strahlen, welche die lebhaften Farben des Regenbogens darstellen, wobei die violette Farbe D und die rothe E am nächsten ist. Die Strahlen welche die Wärme hervorbringen, dehnen sich von D bis zu F aus, wobei sich D F zu D E wie 21 zu 12 verhält. Diese Wärmestrahlen kann man nicht sehen, aber das Thermometer beweist das Daseyn derselben, indem es, wenn es an irgend einer Stelle des Raums D F angebracht wird, von der Wärme angegriffen wird; es wird jedoch nicht an jeder Stelle jener länglichen Figur gleich stark angegriffen. Die größte Wärme ist bey g, nemlich ein wenig über dem rothen Lichte hinaus, wo gar kein Licht mehr ist. Von diesem Punkte ab nimmt die Wärme auf beyden Seiten hin, ab. Daraus ersieht man also, daß die Wärmestrahlen durch ihre Brechbarkeit weit mehr ausgebreitet werden, als die Lichtstrahlen, indem man Wärme mit dem Lichte verbunden, nicht nur von D bis zu E,

sondern auch von E bis zu F findet, wo schlechterdings kein Licht mehr zu entdecken ist *).

Diese Brechbarkeit der Wärmestrahlen ist auch die Ursache davon, daß sie, wenn sie auf einem konvexen Linsenglase aufgefangen werden, in einen engen Raum oder Fokus, oder Brennpunkt, in einer gewissen Entfernung von dem Linsenglase können gesammlet werden. Dieser Fokus hat alle Eigenschaften des Fokus zurückgeworfener Wärmestrahlen, die ich weiter oben kurz angegeben habe. Unter ähnlichen Umständen werden auch die Lichtstrahlen in einen Fokus gesammelt, aber wegen des Unterschiedes zwischen der mittleren Brechbarkeit der Lichtstrahlen und der der Wärmestrahlen, ist der Wärmefokus ein wenig weiter von der Oberfläche des Linsenglases entfernt als der Lichtfokus oder Brennpunkt *).

Durch einen solchen Fokus zurückgeworfener oder gebrochener Wärme, werden die stärksten Wirkungen hervorgebracht. Die Brennkraft konvexer Linsengläser und konkaver Spiegel ist so allgemein bekannt, daß man sie gewöhnlich Brenngläser nennt. Durch ein doppeltes konvexes Linsenglas, das nicht mehr als einen Zoll im Durchmesser hat, können die Sonnenstrahlen dermaßen gesammlet werden, daß sie Zunder, Papier, Schießpulver, Holz u. s. w. anzünden können; durch große Linsengläser und große Hohlspiegel aber, können, wenn die Sonnenstrahlen nicht gehindert werden, die härtesten Metalle geschwind geschmolzen werden.

Je kürzer die Entfernung von dem Fokus oder Brennpunkte eines Linsenglases oder eines Spiegels von der Oberfläche desselben ist, desto wirksamer ist, wenn alles übrige gleich ist, die Potenz oder Kraft desselben. Man hat seit vierzig oder funfzig Jahren Spiegel verfertigt, die einen so langen Fokus haben, daß man das

*) Man sehe Herschels Abhandlung in den philosophischen Transactionen für 1800 Th. III, S. 438.

mit brennbare Körper, in einer Entfernung von mehr als zwey hundert Fuß anzünden kann,*) daß sie aber in viel größeren Entfernungen oder Brennweiten gewirkt hätten, davon finden sich in der Geschichte derselben wenig Nachrichten **).

Die stärksten Brenngläser sind in Frankreich und England gemacht worden. Trudaine's eines Franzosen, Linsenglas hatte vier Fuß im Durchmesser. Wenn der Fokus desselben, durch Einsetzung einer kleineren Linse verkürzt würde, so war die Wirkung außerordentlich groß. In ohngefähr einer Minute, schmelzte es nicht nur alle Arten metallischer Substanzen, sondern es verglaste auch irdene Geschirre, Schiefer, Bimsstein, vegetabilische Asche u. s. w. ja es schmelzte selbst Pech und andere harzigte Körper im Wasser.

Parkers in London Linsenglas, dessen Verfertigung ihm viel Mühe, Zeit und Kosten verursachte und das jetzt nicht mehr in England ist, war ein außerordentliches Instrument seiner Art. Es bestand aus einer doppelten konvexen Linse von Flintglas, welche drey Fuß im Durchmesser hatte, in der Mitte drey Zoll dick war

*) Büffon setzte einen Zündreflector oder Brennspiegel zusammen, der aus 168 kleinen ebenen oder flachen Reflectoren besteht, die er in die Höhlung eines hölzernen Kugelsegments so einsetzte, daß sie alle das Sonnenlicht und die Sonnenwärme auf eine und dieselbe Stelle reflectiren mußten. Mit diesem Instrumente konnte er Holz in einer Entfernung von 209 Fuß anzünden. Man hat auch Brenngläser von zwey muschelförmigen Gläsern, die den Uhrgläsern ähnlich waren, gemacht, indem man sie mit ihren Rändern zusammenkittete, sie mit Wasser oder Weingeist füllte und ihnen eine schickliche Einfassung gab. Kugelförmige oder fast kugelförmige, mit Wasser angefüllte Flaschen wirken bekanntlich, wenn sie der Sonne ausgesetzt werden, wie Brenngläser.

**) Man sehe hierüber Priestley's Geschichte des Gesichts, des Lichtes und der Farben. (Von Klügel unter dem Titel: Optik, übersetzt und mit Anmerkungen versehen.)

und 212 Pfund wog. Wenn sie in ihren Rahmen eingesetzt wurde, so gab sie eine helle Oberfläche von 32½ Zoll im Durchmesser. Ihre Brennweite war 6 Fuß und 8 Zoll. Wenn aber Versuche damit angestellt wurden, wurde der Brennpunkt gewöhnlich durch Einsetzung einer zweyten, viel kleineren Linse verkürzt

So lange dieses außerordentliche Brennglas in London war, wurden von mehreren Sachverständigen eine große Menge Versuche damit gemacht, von denen die wichtigsten die folgende Tabelle enthält.

Substanzen, welche mit Parkers Linsenglas geschmelzt worden, mit Angabe ihres Gewichts und der Zeit, in welcher sie geschmolzen wurden.

	Gewicht in Granen.	Zeit in Sekund.
Reines Gold	20	4
Reines Silber	20	3
Reines Kupfer	33	20
Reine Platina	10	3
Nickel	16	3
Stangeneisen, ein Kubus	10	12
Gußeisen, ein Kubus	10	3
Stahl, ein Kubus	10	12
Schlacken von verarbeitetem Eisen	12	2
Cauk oder Schwererde	10	7
Ein Topas oder Chrysolit	3	45
Ein orientalischer Smaragd	2	25
Krystallkiesel	7	6
Weißer Agat	10	30
Orientalischer Kiesel	10	30
Ungeschliffener Carniol	10	75
Jaspis	10	25
Onyx	10	20
Granat	10	17

Weis

	Gewicht in Granen	Zeit in Secund.
Weißer rhomboidalischer Spath	10	60
Zeoliten	10	23
Zerfallener Stein	10	80
Gemeiner Schiefer	10	2
Asbest	10	10
Gemeiner Kalkstein	10	55
Bimsstein	10	24
Lava	10	7
Vulkanischer Thon	10	60
Hornartiger Mohrstein (Sumpferz)	10	60

Die nun zu beschreibenden Versuche, werden es überzeugend beweisen, daß die Zurückwerfung von Wärme ganz unabhängig von dem Lichte oder doch mit keiner großen Quantität desselben vergesellschaftet ist.

A B und C D, Fig. 17 Taf. XVIII sind zwey konkave Reflectoren von Metall, die gegen 10 oder mehr Zoll im Durchmesser haben und einander in einer Entfernung von ohngefähr 15 Fuß entgegengestellt sind. Man nehme an, der Fokus oder Brennpunkt von A B sey bey E, 18 Zoll von seiner Oberfläche entfernt und der Fokus von C D bey F ebenfalls in einer Entfernung von 18 Zoll von seiner Oberfläche; der Beobachter habe die Freyheit die Spiegel einander genau gegenüber zu stellen, welches Geschäfte er sich dadurch erleichtern kann, daß er in den Fokus oder Brennpunkt des einen ein brennendes Licht bringt und den anderen so lange richtet, bis er durch eine Probe, nemlich durch Auffangen des zurückgeworfenen Bildes des Lichtes auf einem Stück Papier, findet, daß dieses zurückgeworfene Bild des Lichtes in den Fokus dieses anderen Spiegels genau

in der Richtung des Fokus und Mittelpunktes des ersteren Spiegels fällt *).

Legt man dann ein fast rothglühendes Stück Eisen auf E, das heißt in den Fokus des Spiegels A B, so wird der Theil, der von dem Eisen ausströhmenden Wärme, welcher auf die Oberfläche A B fällt, von derselben in einer parallelen Richtung nach C D zurückgeworfen, von der er dann wieder konvergirend nach dem Fokus F zurückgeworfen wird, wodurch denn, wenn die Kugel eines Thermometers bey F angebracht wird, die Temperatur desselben erhöht werden wird. Legt man auf einen der Spiegel einen Bogen Papier oder einen anderen Schirm, so fällt das Thermometer bis zu seiner gewöhnlichen Temperatur. Entfernt man das Papier, so wird das Thermometer wieder steigen.

Legt man, statt des aufgestellten Thermometers, eine kleine Quantität Schießpulver auf einem Stück Papier oder auf einem schicklichen Gestelle bey dem Fokus F und bey dem anderen Fokus statt des Eisens eine glühende Kohle und macht diese mit Hülfe eines Blasbalgs lebhaft rothglühend, so wird das Schießpulver bey F durch die zurückgeworfene Wärme entzündet werden.

Bringt man, statt der Kohle und des Schießpulvers ein Thermometer bey F und ein Stück Eis bey E an, so wird dadurch die Temperatur des Thermometers erniedriget werden. Bedeckt man die Oberfläche eines der Reflectoren, so wird das Thermometer steigen, ent-

*) Ich habe die Dimensionen der Brennspiegel, die Entfernung u. s. w. in der Absicht so bestimmt angegeben, daß man sehe worauf es hauptsächlich ankömmt. Es ist aber wohl kaum nöthig zu sagen, daß je nachdem die Spiegel kleiner oder größer sind, oder näher oder entfernter von einander stehen, auch die Wirkung verhältnißmäßig mehr oder weniger ins Auge fallend seyn müsse. Es ist nicht nothwendig, daß die Spiegel gleiche Oberflächen oder gleiche Brennweiten haben. Spiegel von versilbertem Messing oder versilbertem Kupfer wirken sehr gut.

blößt man ihn wieder, so wird es wieder fallen u. s. w.

Man hat geglaubt, daß das Resultat dieses letzteren Versuches gegen die allgemein angenommene, in dem vorhergehenden erklärte Theorie von der Wärme streite, weil man sich einbildete, daß die von dem Eise ausgehende Kälte von den Spiegeln auf das Thermometer zurückgeworfen werde und folglich Kälte etwas positives sey. Allein, nach meiner Meynung liegt die wahre Ursache der Erscheinung darinn, daß die Wärme des Thermometers auf das Eis auf die nemliche Art zurückgeworfen wird, wie bey dem vorhergehenden Versuche die Wärme der Kohle auf das Schießpulver.

Wenn statt des Thermometers eine glühende Kohle bey F angebracht wird, so wird jeder ohne alles Bedenken sagen, daß die Wärme der Kohle auf das Eis zurückgeworfen werde, es läßt sich aber kein vernünftiger Grund denken, warum dies nicht auch geschehen sollte, wenn das Thermometer bey F ist.

Wird ein warmer Körper unter andere Körper gebracht, so geht die Wärme von ihm auf diese über, bis sie alle einerley Temperatur erlangt haben und dieser Uebergang geschieht in eben dem Verhältnisse geschwinder, in welchem der Unterschied der Temperatur größer ist. Auch wird, wenn die kalten Körper nicht einerley Temperatur haben, die Wärme des vorerwähnten Körpers schneller von der Seite desselben entweichen, die den kältesten von den ihn umgebenden Körpern entgegengesetzt ist, und wird zwischen diese beyden Körper ein Schirm gestellt, so wird der Verlust der Kälte langsamer erfolgen. Bey dem geringsten Nachdenken aber leuchtet es ein, daß der Versuch mit dem Thermometer und dem Eise, diesem ähnlich ist, nur mit dem Unterschiede, daß die Wärme oder der Wärmestoff, anstatt von dem ersteren zu dem letzteren gerade fort zu gehen, von den Reflectoren zurückgeworfen und konzentrirt wird.

Die künstliche Erzeugung von Kälte ist keinesweges so leicht als die Hervorbringung von Wärme; man muß indessen auch zugleich bekennen, daß jene nicht so wesentlich nothwendig ist als diese.

Die bekannten Methoden zur Hervorbringung von Kälte und deren man sich auch am häufigsten da bedient, wo die Wärme des Klimas oder Gewohnheiten des Lebens ihr einen Werth geben, sind folgende: 1, durch Ventiliren, oder durch Luftzug; 2, durch Benutzung der natürlichen Temperatur von Kellern, Brunnen und dergleichen, wenn diese Temperatur unter der Temperatur der äußeren Luft ist; 3, durch Verdampfung; 4, durch den Gebrauch des Eises, wo man es haben kann und 5, durch die Solution gewisser Salze.

Es giebt indessen auch noch eine andere Operation, durch welche Kälte hervorgebracht werden kann, die aber im gemeinen Leben wegen der mit ihrer Bewerkstelligung verknüpften Schwierigkeit nicht anwendbar ist. Sie besteht nemlich in der Ausdehnung zusammengedrückter Luft.

I.

Die Wirkungen des Ventilirens, (welches entweder vermittelst einer zweckmäßigen Einrichtung von Thüren, Gängen, Oeffnungen u. d. gl. oder durch Fächer, Bälge und Ventilatoren bewirkt wird), sind so allgemein bekannt, daß es nicht nöthig ist viel darüber zu sagen. Durch das Ventiliren wird die erhitzte Luft, welche lebendige Körper umgiebt, von ihnen entfernt und die merkliche oder unmerkliche Ausdünstung wird nachdrücklicher zerstreut; daher werden auf lebendigen Körpern einige wenige Grade von Kälte hervorgebracht, wenn ihre Temperatur höher ist, als die wirkliche Temperatur der Luft; auf ein Thermometer aber, oder auf einen Körper, der mit

der ihn umgebenden Luft einerley Temperatur hat, hat bloßes Ventiliren keine Wirkung.

II.

In den meisten warmen Ländern werden Früchte, Weine u. d. gl. m. gewöhnlich dadurch abgekühlt, daß man sie eine Zeitlang in tiefen Kellern, Gruben und Brunnen aufbewahrt, oder sie in Wasser legt, das man frisch aus tiefen Brunnen geschöpft hat. Allein diese Methode bewirkt nur eine sehr mäßige Abkühlung, weil, wie bereits erinnert worden, die Temperatur solcher Brunnen, Keller u. s. w. nicht sehr von der mittleren Temperatur des Landes verschieden ist. Indessen bleibt es doch wahr, daß auf diese Art abgekühlte Früchte und Weine im Sommer sehr angenehm sind. In warmen Ländern aber gewähren Keller und tiefe Brunnen einen noch viel wesentlicheren Vortheil; in ihnen kann man nemlich Speisen, Fische, Butter und andere Sachen beträchtlich länger vor dem Verderben bewahren, als in der freyen Luft über der Erde.

III.

Das Abkühlen durch Verdampfung oder Evaporiren steht mit der Geschwindigkeit, mit welcher die Abdampfung bewirkt wird, in Verhältniß. Die größte Abkühlung bringen also solche Flüssigkeiten hervor, die am geschwindesten verdampfen, und alles was die Verdunstung befördert, als Ventiliren, ein trockner Zustand der Luft u. s. w. bringt auch eine größere Abkühlung hervor.

In heißen Ländern werden die Zimmer der Reichen oft dadurch angenehm abgekühlt und erfrischt, daß man den Fußboden, die Dächer der Häuser und besonders

die Vorhänge der Fenster und Thüren mit Wasser besprengt und dies so oft wiederholt als es verdunstet ist.

In Lagern, auf Reisen in heißen Ländern oder da, wo man keine andere Art der Abkühlung haben kann, pflegt man Flaschen und Krüge, welche Getränke enthalten, in zwey- oder dreyfach über einander geschlagene angefeuchtete Leinwand zu wickeln, und sie so der freyen Luft auszusetzen, und die Leinwand in eben der Maaße immer wieder naß zu machen, in welcher das Wasser verdunstet. Dadurch wird die in den Flaschen enthaltene Flüssigkeit um einige Grade abgekühlt.

Allein die Kälte, die man durch Verdunstung von Wasser hervorbringen kann, ist nicht so groß als diejenige, die die Verdunstung des Weingeistes giebt und diese ist noch viel geringer als diejenige, die man durch Verdunstung von Aether bekömmt, da sich der Aether so sehr leicht verdunsten läßt, daß er, wenn nicht der gewöhnliche Druck der Atmosphäre auch auf ihn wirkte, blos in luftförmiger Gestalt existiren würde, wie dies wirklich der Fall ist, wenn er in den luftleeren Rezipienten einer Luftpumpe gebracht wird.

Um den Grad, der durch die Verdunstung mehrerer Flüssigkeiten bewirkten Kälte zu erfahren, hielt ich ein Thermometer, dessen Kugel nicht in Berührung mit dem Metalle der Skale war, gerade aufwärts und goß über die Kugel desselben einen Strohm von einer Flüssigkeit aus einer Haarröhrigen-Oeffnung einer Röhre her, und zwar so, daß immer gerade so viel von der Flüssigkeit darauf fiel als erforderlich war, das zu ersetzen, was verdunstete. Dadurch fand ich, daß, wenn die Temperatur der Luft 64° war, die Wasserverdunstung das Thermometer um 8° abkühlte, oder dasselbe bis auf 56° fallen machte. Die Verdunstung von Weingeist kühlte es 16° ab, machte es also auf 48° fallen und die Verdunstung von Aether kühlte es 54° ab und brachte es also

bis zu 10° herab. Durch die Anwendung des höchst gereinigten Schwefeläthers aber, fiel das Thermometer, wenn die Temperatur der Luft ohngefähr 56° war, bis zu 30° herab *).

Vor einigen Jahren habe ich einen sehr kleinen Apparat, um eine kleine Wasserquantität, von ohngefähr 10 Grad, in jeder Art von Klima, zum Gefrieren zu bringen, erfunden, welcher in einer $4\frac{1}{2}$ Zoll langen, 2 Zoll breiten und $1\frac{1}{2}$ Zoll tiefen Büchse enthalten ist. Dieser Apparat, so wie die Art ihn zu brauchen, ist Fig. 20 Taf. XVIII. vorgestellt. E F G ist eine mit Aether angefüllte gewöhnliche Flasche mit einem gläsernen Stöpsel; E D ist eine Glasröhre mit einer Haarröhrigen Oeffnung bey D, um deren anderes Ende etwas Draht gewunden ist, um in den Hals der Flasche zu passen, wenn der Versuch soll gemacht werden. A B ist eine Glasröhre, die ohngefähr vier Zoll lang ist, ohngefähr ein Fünftel eines Zolles im Durchmesser hat, und bey B hermetisch verschlossen ist. In diese Röhre wird ein dünner Draht gesteckt, dessen unteres Ende spiralförmig gewunden ist und der dazu dient, das Eis, wenn es gebildet worden, heraus zu ziehen. Wenn nemlich in diese Röhre ein wenig Wasser C B geschüttet worden, halte ich sie mit den Fingern der linken Hand bey ihrem oberen Theile und drehe sie erst vor- und dann rückwärts beständig sanft um ihre Achse herum, indeß ich mit der andern Hand die Aetherflasche so gegen sie richte, daß der aus der Haarröhrigen Oeffnung D kommende Aetherstrohm auf die äußere Seite der

*) Es würde überflüssig seyn des Grades der durch die Verdunstung anderer Flüssigkeiten bewirkten Abkühlung zu erwähnen, da die Wirkung derselben sich gewöhnlich zwischen der Wirkung von Wasser und Weingeist hält. Man sehe meine Abhandlung in den philosophischen Transactionen B. 71. S. 511.

Röhre ein wenig über der Oberfläche des darinn befindlichen Wassers ströhmt. Dieser Aetherstrohm muß von der Art seyn, daß dann und wann, etwa alle zehn Sekunden, ein Aethertropfe von dem unteren Theile des Thermometers herabfallen kann. Wird nun diese Operation zwey oder drey Minuten lang fortgesetzt, so wird das Wasser C B gefroren seyn und in einem einzigen festen Klumpen aus der Röhre gezogen werden können. Ist dies geschehen, so wird die Oeffnung der Flasche wieder aufwärts gerichtet, die kurze Röhre E D herausgenommen und an deren Stelle der Stöpsel eingedrückt und der übrige Aether zu andern Versuchen aufbewahrt.

Wenn Aether mit einem Thermometer in einem offenen Gefäße unter den Rezipienten einer Luftpumpe gesetzt und der Rezipient ausgepumpt wird, so wird dadurch ein sehr großer Grad von Kälte hervorgebracht. Eine Mischung von Schwefeläther und Salzäther erzeugt, nach der Auspumpung einen Kältegrad, der stark genug ist das Queckſilber gefrieren zu machen.

IV.

Das Belegen der mit Flüssigkeiten oder anderen Substanzen angefüllten Gefäße mit Eis ist eine sehr leichte Methode, Kälte zu bewirken. Allein nicht in allen Ländern kann man Eis haben, und wenn es zu haben ist, nemlich im Winter, so muß es für den Sommer aufbewahrt werden, wo dann das meiste davon zerschmilzt.

Fest zusammengedrücktes aufgeschüttetes Eis, oder auch solcher Schnee, wird in Behältern oder Eishäusern, Eisgruben aufbewahrt, die gewöhnlich unter der Erde und an Plätzen befindlich sind, wo sie bedeckt und gegen Wärme geschützt sind, in welchen dann das Eis nur sehr langsam schmilzt. In

England kann man in einem Eishause von zwanzig Fuß im Durchmesser und von ohngefähr 20 Fuß Tiefe, wenn es gehörig mit Eis angefüllt worden, noch nach zwey Jahren einiges davon finden.

Eine sehr merkwürdige Art Eis zu bereiten, ist die, deren man sich in Ostindien zu Allahabad, Moostegil und Calcutta, welche Orte zwischen dem 23°½ und dem 25°½ nördlicher Breite liegen, bedient. Ich gebe hier meinen Lesern einen kurzen Auszug von der weitläuftigeren Beschreibung des dabey gewöhnlichen Verfahrens, die in dem 65sten Bande der philosophischen Transactionen enthalten und von Robert Barker mitgetheilt worden ist.

In flache und poröse Pfannen, die in nicht tiefe Gruben (pits), deren Boden mit Zuckerrohr oder getrockneten Kornstengeln bestreut worden, und die gegen Abend zu liegen, gesetzt werden, wird kochendes weiches Wasser geschüttet. Während der Nacht und besonders gegen Morgen setzt sich in den Pfannen eine Eisrinde an, die von den Eisbereitern hinweggenommen wird. Diese Eisrinde ist dicker oder dünner, je nachdem die Temperatur der Luft beschaffen ist, oder andere Umstände der Verdunstung günstig sind oder nicht. Denn die Eiserzeugung ist unstreitig einem großen Theile nach, der Verdunstung durch die Poren der Pfannen zuzuschreiben, da in jenen Ländern, allen Beobachtungen zu Folge, das Thermometer nie bis auf 32° fällt.

Eis für sich allein genommen kann keinen größeren Grad von Kälte mittheilen, als es selbst besitzt. Man kann aber durch Beymischung von gemeinem und anderen Salzen oder Säuren machen, daß es einen viel größeren Grad der Kälte hervorbringt.

Das Verhältniß, in welchem gemeines Salz und gestoßenes Eis oder Schnee mit einander müssen vermischt werden, um den höchsten Grad der Kälte hervor-

zubringen, wird verschieden angegeben; die leichteste Mischung aber besteht aus drey Theilen gemeinem Salz und acht Theilen Eis, oder einem Theile Salz und zwey Theilen Eis, nach dem Gewicht bestimmt, und ist stark genug das Thermometer auf — 4° fallen zu machen.

Folgende Tabelle giebt die Grade an bis zu welchen das Thermometer durch eine Mischung von Eis und anderen Substanzen, die vor der Mischung eine Temperatur von 32° hatten, gefallen ist.

Schnee oder gestoßenes Eis	und salpetrigte Säure *)	— 27°
	und Salzsäure *)	— 21°
	6 Theile und vier Theile verdünnte Schwefelsäure, also gleiche Theile von Wasser und Säure	— 3°
	24 Theile, gemeines Salz 10, Ammoniaksalz 5 und Salpeter 5 Theile	— 18°
	12 Theile, salpetrigtes Ammoniak 5, u. gemeines Salz 5 Theile	— 25°
	2 Theile, und salzsaure Kalkerde 3 Theile	— 50°

V.

Sehr groß ist der Grad von Kälte, der durch bloße Salzsolution kann hervorgebracht werden, so daß man kein anderes Mittel kennt, das eine stärkere Kälte hervorbringen könnte. Wie weit aber sich die Wirksamkeit

*) Die Quantität dieser Säuren kann nicht mit Genauigkeit bestimmt werden, weil sie in Ansehung der Stärke so sehr verschieden sind. Ueberhaupt kann man sich ohngefähr gleicher Quantitäten von verdünnter Säure und von Eis dazu bedienen. Wenn die Säure sehr stark ist, so kann sie mit so viel Regenwasser oder destilirtem Wasser verdünnt werden als die Hälfte ihres Gewichtes beträgt.

derselben eigentlich erstrecke? Diese Kenntniß verdanken wir dem verdienten Richard Walker, Apotheker in Oxford. Denn was man vor ihm von der Sache wußte, war blos: daß eine Salpetersolution in Wasser einen Grad von Kälte hervorbringt, der in heißen Ländern sehr nützlich ist, daher diese Solution in dieser Absicht lang in Gebrauch gewesen ist, und es noch in Ostindien ist; auch wußte man noch, daß eine Ammoniaksalzsolution eine Kälte bewirket, die start genug ist das Thermometer bis auf 32° fallen zu machen, so wie es auch bekannt war, daß einige andere Salze nur sehr wenige Grade der Kälte hervorbringen. Walker hingegen entdeckte solche Salzsolutionen und lehrte sie so anwenden, daß man mit ihnen das Queckfilber selbst mitten im Sommer zum Gefrieren bringen kann *)

Die dazu erforderliche Salzsolution bekömmt man dadurch, daß man die gehörige Quantität von Salz und Wasser in ein offenes Gefäß schüttet, in dessen Mitte sodann das Gefäß mit dem Weine, dem Rahme, oder anderen Substanzen, welche abgekühlt werden sollen, gestellt wird. Die Kälte wird nur so lange erzeugt, als die Auflösung des Salzes dauert; der Wärmestoff der anliegenden Körper nemlich, wird von der salzigten Substanz eingeschluckt, deren Capacität für denselben dadurch vermehrt wird, daß sie aus einem festen Zustande in einen flüssigen übergeht.

Die hervorgebrachte Kälte ist desto größer, je niedriger die Temperatur der Materialien vor der Bereitung der Mischung war.

*) Man sehe dessen Abhandlungen in den philos. Transaction. für 1787, 1788, 1789, 1795, und 1801. Oder seine Nachricht von den merkwürdigen Entdeckungen in Ansehung der Erzeugung künstlicher Kälte. Oxford 1796 (auch Gehlers physicalisches Wörterbuch Theil 5. S. 474 ff).

Wenn daher ein sehr hoher Grad der Kälte, zum Beyspiele ein solcher, bey dem das Queckſilber gefriert, ſoll hervorgebracht werden, ſo müſſen zuerſt die zu einer zweyten Miſchung nöthigen Materialien in einer Solution von in Waſſer aufgelöſtem Salz kalt gemacht werden, wodurch ſie fähig gemacht werden, einen größeren Grad der Kälte hervorzubringen und auf gleiche Art können auch die Materialien zu einer dritten Miſchung u. ſ. w. kalt gemacht werden.

Das folgende Verzeichniß enthält die wirkſamſten Miſchungen von Salz und Waſſer oder Säuren, zur Hervorbringung von Kälte. Es iſt dabey angenommen, daß die Temperatur der Materialien vor der Miſchung 50° geweſen und jeder Miſchung iſt der Grad von Kälte beygeſetzt, den ſie hervorgebracht hat, oder der Grad bis zu welchem das Thermometer gefallen iſt. Die Salze müſſen zu einem ſehr feinen Pulver zerrieben werden, das ſehr trocken ſeyn muß, jedoch auch nicht in dem Grade, daß es das Kryſtalliſationswaſſer verlohren*).

Anmerkung.

Einige Subſtanzen des folgenden Verzeichniſſes ſind mit ihren alten Benennungen angegeben worden, weil ſich Walker derſelben bedient hat. Wenn ſich aber der Leſer deſſen, was im zweyten Bande iſt geſagt worden, erinnert, ſo weiß er, daß Ammoniakſalz ſalzſaures Ammoniak, Glauberſalz, ſalzſaures Mineralalkali und Vitriolſäure Schwefelſäure iſt.

	Bewirkte Kälte
**) Ammoniakſalz 5, Salpeter 5, Waſſer 16	10°
Ammoniakſalz 5, Salpeter 5, Glauberſalz 8, Waſſer 16	4°

*) Den ſtärkſten Grad von künſtlicher Kälte brachte Lowitz durch eine Miſchung von trocknem friſch gefallenem Schnee und kryſtalliſirten, trocknen ätzendem Kali, oder ſalzſaurem Kalk hervor. T.

**) Dieſe Salze kann man durch eintrocknen wieder erhalten und ſie immer wieder brauchen.

	Bewirkte Kälte.
*) Salpetrigtes Ammoniak 1, Wasser 1,	4°
Salpetrigtes Ammoniak 1, Sodasalz 1, Wasser 1,	7
**) Glaubersalz 3, verdünnte salpetrigte Säure 2,	3
Glauberisches Salz 6, Ammoniaksalz 4, Salpeter 2, verdünnte salpetrigte Säure 4,	10
Glauberisches Salz 6, salpetrigtes Ammoniak 5, verdünnte salpetrigte Säure 4,	14
Gephosphortes Mineralalkali 9, verdünnte salpetrigte Säure 4,	12
Gephosphortes Mineralalkali 9, salpetrigtes Ammoniak 6, verdünnte salpetrigte Säure 4,	21
***) Glauberisches Salz 8, Meersäure 5,	0°
***) Glauberisches Salz 5, verdünnte Vitriolsäure 4,	3
***) Salzsaurer Kalk 5, Wasser 4,	21

**) Diese Salze kann man durch Destillation und Krystallisation wieder erhalten.

***) Die Kälte kann in diesen Mischungen durch einen Zusatz von Ammoniaksalz und Salpeter verstärkt werden.

Folgender Auszug aus Walkers Nachricht von seinen Versuchen über die Kälte kann für den Leser von Nutzen seyn.

„Ich habe, sagt er, Queckſilber oft durch eine bey 0° bewirkte „Mischung von 3 Drachmen Grund-Eis und 2 Drachmen salpetrigter Säure zum Gefrieren gebracht.“

„Soll es vollkommen fest und hart werden, so muß man sich „neben dem gestoßenen Eise einer Mischung von verdünnter Vitriolsäure und salpetrigter Säure zu gleichen Theilen bedienen; „aber dann darf die Temperatur der Materialien vor der Mischung nicht unter — 10 Grad seyn.“

„Soll eine noch stärkere Kälte bewirkt werden, als eine „Mischung dieser Art von ohngefähr — 56 Grad geben kann, „so muß man sich blos der verdünnten Vitriolsäure mit „Schnee oder gestoßenem Eise bedienen und die Temperatur „bey welcher die Materialien gemischt werden, darf nicht „unter — 20° Grad seyn.“

Wenn man Glauberisches Salz in ungestoßenen Krystallen zu noch einmal soviel Scheidewasser oder verdünnter salpetrigter Säure, selbst bey einer warmen Temperatur mischt, so wird die dadurch bewirkte Kälte so groß seyn, daß Wasser oder Rahm dabey gefriert.

Die zuletzt erwähnte Methode Kälte durch Ausdehnung der Luft hervorzubringen, ist zwar durch viele Thatsachen hinlänglich erwiesen, aber sie ist doch bis jetzt noch nicht zur Erreichung ökonomischer Zwecke angewendet worden.

Man hat gefunden, daß wenn Luft in einem Gefäße komprimirt oder zusammengedrückt wird, Wärme erzeugt wird, deren Grad mit der Geschwindigkeit der Operation und der Größe des Drucks im Verhältniß steht. Wird dargegen Luft ausgedehnt, so wird dadurch ein Grad von Kälte hervorgebracht, der mit der Geschwindigkeit und der Größe der Ausdehnung im Verhältniß steht.

Wenn man ein Thermometer unter den Rezipienten einer Luftpumpe bringt und die Luft in dem Recipienten schnell verdünnt, so wird es dadurch um einige Grade herabgebracht.

Man kann vermittelst einer dazu schicklichen Maschine die Luft in einem und demselben Gefäße abwechselnd verdünnen und verdichten, und ein in dasselbe gestelltes Thermometer fällt in dem ersten Falle und steigt in dem letzteren *).

Wenn die in der Windkammer einer Windbüchse zusammengedrückte Luft auf die Kugel eines Thermometers abgeschossen wird, so fällt das Queckſilber in der Röhre desselben einige Grade **).

In den Chemnitzer Bergwerken in Ungarn wird die Luft in einem großen Gefäße durch eine 260 Fuß hohe Wassersäule zusammengedrückt. Wird nun der Hahn, der der Luft den Ausgang verschließt, geöffnet, so strömt sie mit einer großen Gewalt heraus und die Ausdehnung derselben bringt einen außerordentlichen Grad der Kälte

*) S. physikalisches Magazin. B. 8. S. 214.

**) Man vergleiche Darwin's Abhandlung in dem 78sten Bande der philosophischen Transactionen.

hervor, indem dadurch die Feuchtigkeit in Gestalt von Schnee niedergeschlagen wird und Eiszapfen an dem Hahne sich anhängen *).

Da ich nun die verschiedenen Arten Wärme und Kälte zu erzeugen beschrieben habe, will ich diesen von der Wärme oder dem Wärmestoff handelnden Abschnitt damit beschließen, daß ich auf einen Beweis von der unendlichen Weisheit der Natur aufmerksam mache, mit der sie für Mittel zur Erhaltung der lebendigen Geschöpfe im Fall einer großen Hitze oder Kälte gesorgt hat.

Die Reihe der Temperaturgrade, innerhalb welcher ein Mensch mit Annehmlichkeit und ohne Beschwerde leben kann, ist in der That nicht groß. Zwar können Eingebohrne verschiedener Klimate ohne Beschwerde verschiedne Grade der Temperatur ertragen, aber die Verschiedenheit darf doch nicht sehr groß seyn. In England kann man mit Annehmlichkeit und Leichtigkeit zwischen einer Temperatur von 60° bis 70°, also innerhalb einer Reihe von 10° leben. Wenn die Temperatur der Luft unter 60° ist, so werden sich die meisten nach einem guten Feuer sehen, und ist sie über 70° so beschwert sich alles über Hitze.

Indessen hat doch auch die Natur für ein kräftiges Mittel gesorgt, den schädlichen Wirkungen einer plötzli-

*) Die vollständige Beschreibung dieser Maschine und des erwähnten Phänomens steht im 52sten Bande der philosophischen Transactionen.

chen Erhöhung von großer Hitze oder Kälte vorzubeugen. Sie hat nemlich die Einrichtung gemacht, daß zugleich im ersteren Falle Kälte und im letzteren Wärme, wenigstens in einem gewissen Grade und für eine gewisse Zeit erzeugt wird. Es wird dies durch die natürliche Veränderung oder Abwechslung der Capacität bey einigen von den Bestandtheilen des thierischen Körpers bewirkt. So wird, zum Beyspiele, wenn der Körper sehr warm ist, die Ausdünstung desselben vermehrt und da die Capacität der Flüssigkeit, welche Dunst wird, für den Wärmestoff vermehrt wird, so trägt sie dazu bey den Körper abzukühlen, und eine ähnliche Wirkung wird durch die Veränderung der Capacität anderer thierischer Flüssigkeiten hervorgebracht u. s. w.

In der That sind Thiere verschiedener Art und selbst Menschen oft äußerst großen Graden von Wärme und Kälte für eine Zeitlang ausgesetzt worden, ohne einen wesentlichen Nachtheil dadurch zu erleiden und ohne daß ihre natürliche Temperatur mehr als um sehr wenige Grade wäre erhöht oder erniedriget worden. Man hat Beyspiele davon, daß Menschen einer Temperatur, in welcher Queckſilber frieren würde und wieder einer Temperatur die höher als die des kochenden Wassers war, ausgesetzt worden. *)

*) Man sehe in den philosophischen Transactionen von 1775 die in einem erhitzten Zimmer angestellten Versuche.

Zweyter Abschnitt.

Grundsätze der Optik, oder von dem Lichte, den Farben und dem Gesichte.

Der Gegenstand des gegenwärtigen Abschnittes ist von einem so sehr großen Umfange, daß eine vollständige Untersuchung aller Zweige desselben in theoretischer und praktischer Hinsicht, mehrere solcher Bände, wie der gegenwärtige ist, anfüllen würde. Was aber der Leser in demselben erwarten kann, ist eine brauchbare, nützliche und hinreichende Erklärung der Grundsätze des Gegenstandes, und diese will ich so faßlich zu geben suchen, als es derselbe nur immer erlaubet. Diesen Gesichtspunkt nicht aus dem Auge verlierend, werde ich alles das unerwähnt lassen, was blos hypothetisch oder noch strittig ist, wobey ich jedoch dem forschbegierigen Leser immer die Werke bekannt machen werde, die ausführlicher davon handeln. In Ansehung des praktischen Theils des Gegenstandes, werde ich mich bemühen vorzüglich die Grundsätze desselben zu erklären, denn wer diese gut gefaßt hat und versteht, dem wird es auch leicht werden, sie zur Erklärung neuer Thatsachen oder zur Verbesserung einzelner Zweige dieses Theils der Physik anzuwenden.

Erstes Kapitel.

Von der Natur des Lichtes überhaupt.

Der Unterschied zwischen der Empfindung, die wir haben, wenn am Tage unsre Augen offen sind und zwischen der, die wir haben, wenn wir sie schließen, ist die Wirkung des Stoffes, den wir Licht nennen. Die Entziehung oder der Mangel des Lichts, den wir bemerken, wenn unsre Augen geschlossen sind, wird Dunkelheit genannt. — Dieses Licht nun ist es, was uns das Daseyn von Gegenständen erkennen läßt, die uns nicht nah genug sind, um unsre Körper zu berühren und die auf keinen unsrer anderen Sinne wirken. Die Blinden können daher die Gegenwart gewisser Gegenstände blos durch den Schall oder den Geruch oder durch Berührung erkennen, keinesweges aber vermittelst des Lichtes. Kurz, das Licht wirkt fühlbar auf keinen anderen Theil unsres Körpers als auf die Augen.

Unsre Kenntniß von der eigentlichen Natur des Lichtes ist noch nicht gewiß. Man hat über dieselbe eine Menge von Muthmaßungen und zahlreiche Hypothesen aufgestellt. Allein von allen diesen Hypothesen verdienen blos zwey erwähnt zu werden.

Descartes, Huyghens und andere haben angenommen, daß durch das ganze Universum eine feine

Flüssigkeit verbreitet sey, oder es ausfülle; daß die leuchtenden Körper, dergleichen die Sonne, ein brennendes Licht, ein Feuer u. s. w. sind, diese Flüssigkeit nicht in eine gerade fortgehende, sondern in eine gewisse schwingende Bewegung setzen, und daß diese Bewegung, indem sie den Nerven unsrer Augen mitgetheilt wird, die leuchtenden Körper für uns sichtbar mache; so daß diese Wirkung derjenigen ähnlich sey, die ein schallender Körper auf die Luft macht, indem er sie nemlich auch in eine gewisse schwingende Bewegung setzt, die, wenn sie unseren Gehörwerkzeugen mitgetheilt wird, in uns die Empfindung des Schalls erweckt.

Newton und seine Schüler nahmen dargegen an, daß das Licht ein wirklicher Ausfluß (eine Emanation) von leuchtenden Körpern sey, indem nemlich eine feine, aus gewissen besonderen materiellen Theilen bestehende, Flüssigkeit von den leuchtenden Körpern ausfließe oder gehe und indem sie in unsere Augen dringe, in uns die Empfindung des Lichtes, oder der leuchtenden Gegenstände erwecke.

Mehrere Thatsachen oder Beobachtungen und Betrachtungen nun scheinen dieser Newton'schen Hypothese den höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit zu geben. *)

Wenn also auch wir diese Hypothese Newton's annehmen, so erfordern verschiedene, von ihr natürlich abgeleitete Folgerungen, eine besondere Erklärung; diese Emanation, dieses Licht nemlich, muß aus Theilchen bestehen; diese Theilchen müssen einen sehr kleinen, aber bestimmten Umfang oder Größe haben; sie müssen sich in einer gewissen Entfernung von einander befinden, sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegen und ein gewisses Moment haben.

*) Sie ist unter dem Namen des Emanationssystems bekannt und noch nicht widerlegt.

A. d. Uebers.

Mehrere in der Sternkunde und anderen Zweigen der Physik gemachte wichtige Entdeckungen setzen uns in den Stand, diese Größe, Entfernung, Geschwindigkeit u. s. w. der Lichttheilchen, zwar nicht mit absoluter Genauigkeit, aber doch mit einem gewissen Grade der Wahrscheinlichkeit zu bestimmen. Ehe wir dies aber thun, wird es nöthig seyn, eine kurze Uebersicht der Thatsachen oder Beobachtungen, auf welche die Bestimmungen jener Größen gegründet werden, zu geben.

Wenn in einen Schirm ein kleines Loch gemacht und er in einer Entfernung von ohngefähr fünf oder sechs Fuß vor das Auge gestellt, und dann ein leuchtender Körper, zum Beyspiel eine glühende Kohle, auf der anderen Seite des Schirmes, wiederholt vor dem Loche hin und her bewegt wird, so muß nothwendig das Loch in Zwischenräumen erleuchtet erscheinen. Beträgt nun aber ein solcher Zwischenraum oder die Zeit, in der die Kohle nicht vor dem Loche gesehen wird, weniger als den zehnten Theil einer Sekunde, so wird dasselbe beständig erleuchtet erscheinen, gerade so, als ob die glühende Kohle unablässig davor gehalten würde. Dies beweist, daß der Eindruck, welchen Licht auf unsre Augen macht, eine gewisse bestimmte Zeit fortdauert, oder daß die Erscheinung oder Gestalt eines Gegenstandes, auch noch eine gewisse Zeit lang nach der Entfernung desselben, oder nachdem der Eindruck schon wieder aufgehört, vor unsern Augen bleibet.

Aus diesem Grunde kann man sich die Erscheinung erklären, daß man, wenn ein an seinem Ende leuchtender Stock vor dem Auge geschwind genug kreisförmig umgeschwungen wird, längs dem Umfange des Kreises nicht eine Folge von Licht wahrnimmt, sondern daß es scheint, als sähe man einen ununterbrochenen Lichtkreis.

Hierbey muß man aber bemerken, daß die Dauer des Eindrucks des Lichtes auf das Auge länger oder kür-

zer ist, je nachdem der Gegenstand stärker oder schwächer leuchtet, das heist: je nachdem der Eindruck davon stärker oder schwächer ist. Wenn daher der eben erwähnte Versuch mit einem Stocke gemacht wird, dessen Ende nur rothglühend ist, so muß die Umdrehung desselben geschwinder geschehen, ist sein Ende aber sehr lebhaft glühend, so reicht schon eine weniger geschwinde Umdrehung hin, um einen ununterbrochenen Kreis darzustellen.

Der Eindruck auf das Auge ist zuweilen so stark und heftig, daß es nicht so geschwind wieder zu seinem ruhigen Zustande gelangen kann, so daß mehrere Minuten dazu gehören, und die völlige Gestalt des leuchtenden Gegenstandes eine gewisse Zeit in ihm haftet oder zurück bleibt. So bleibt das Auge, wenn man auch nur eine kurze Zeit in die Sonne, oder in ein starkes Feuer eines großen Ofens gesehen hat, eine beträchtliche Zeit lang so geblendet, daß es andere Gegenstände nur mangelhaft und verwirrt erkennen kann.

Die Astronomen haben die Beobachtung gemacht, daß es scheint als ob die Finsternisse der Monde des Planeten Jupiter früher als zu der durch die Tafeln ihrer Bewegung bestimmten Zeit erfolgten, wenn dieser Planet uns näher ist, und daß sie später erfolgten, wenn er weiter von uns entfernt ist. Man hat daher vermuthet, daß sich das Licht gerade fortgehend und gleichförmig bewege, das heist: daß es eine gewisse bestimmte Zeit brauche, um einen bestimmten Raum zu durchlaufen, und diese Vermuthung wird auch noch durch andere astronomische Beobachtungen, außer der die Jupitersmonde betreffenden, bestätiget, die in einem folgenden Theile dieses Werkes werden angeführt und erklärt werden. Das muß indessen hier schon bemerkt werden, daß nach der Differenz zwischen der nächsten und der weitesten Entfernung des Jupiters von uns und nach dem Zeitunterschied zwischen der scheinbaren und der berechneten

Zeit der Verfinsterung seiner Monde auf diesen beyden Punkten seines Standes, berechnet worden ist, daß sich das Licht in dem erstaunenswürdigen Verhältnisse von wenigstens 164000 oder wohl gar 170000 engl. Meilen in der Sekunde fortbewege, so daß das Licht, um von der Sonne zu uns zu gelangen, ohngefähr $8\frac{1}{4}$ Minuten braucht. Würde also eine gegen die Sonne von der Erde aus abgeschossene Kanonenkugel sich immer mit der nemlichen Geschwindigkeit fortbewegen, mit welcher sie aus der Kanone gieng, nemlich ohngefähr eine Achtels Meile in der Minute, so würde sie 32 Jahre brauchen um von der Erde in die Sonne zu gelangen. *)

Wenn in einen Schirm ein kleines Loch gemacht wird und mehrere Personen von einer Seite durch dasselbe, jede aber nach einem anderen auf der entgegengesetzten Seite des Schirms befindlichen Gegenstande sehen, so ist es einleuchtend, daß die verschiedenen von diesen Gegenständen in die Augen der Beobachter fallenden Lichtströhme, in verschiedenen Richtungen und ohne einander wenigstens in einem bemerkbaren Grade, zu stöhren, durch das nemliche kleine Loch gehen müssen. Dies beweißt, daß die Lichttheilchen so äußerst klein und so entfernt von einander seyn müssen, daß sie einander, bey dem gleichzeitigen Durchgange durch einen sehr engen Raum, nicht bemerkbar stöhren.

Nach einigen unvollkommenen Versuchen, da man nemlich den Fokus oder Brennpunkt eines Hohlspiegels auf den untersten Theil eines äußerst dünnen, leicht auf-

*) Das Licht durchläuft in einer einzigen Sekunde einen Weg von mehr als 40000 Meilen; es geht in jeder Minute durch 3000 und in jeder Sekunde durch 50 halbe Durchmesser der Erde und übertrifft also die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel mehr als anderthalb Millionenmal und die des Schalles beynahe 976000 Mal.

A. d. Uebers.

gehängten Blättchens *) (beam) fallen ließ und dadurch demselben eine schwache Bewegung mittheilte, hat man gefolgert, daß das so gesammelte Licht ein merkbares Moment oder Stärke habe. Nach dem Gewichte des Blättchens und der Bewegung die ihm durch den Lichtstoß, vorausgesetzt, daß dieser die wahre Ursache der Bewegung desselben gewesen, mitgetheilt worden, wie auch nach der oben angegebenen Geschwindigkeit des Lichtes nun, wurde berechnet, **) daß die in dem Lichte, welches in einer Zeit von einer Sekunde auf das erwähnte Blättchen geworfen und von einer, ohngefähr vier Quadratfuß haltenden Oberfläche gesammlet wurde, enthaltene Materie oder Masse nicht mehr als ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Granes betrage. ***)

Aus diesen Thatsachen nun, verbunden mit der gemeinen, leichten und täglichen Erfahrung darüber, kann man nachstehende Folgerungen herleiten.

I.

Da jeder physische Punkt eines leuchtenden Gegenstandes von jedem Punkte eines ihn umgebenden unermeßlichen sphärischen Raumes aus, wenn kein dunkler Körper darzwischen kömmt, gesehen werden kann, so folgt daraus, daß die Lichtströhme die von allen Punkten sichtbarer Gegenstände ausgehen und sich nach allen Arten

*) Michell bediente sich darzu eines Kupferblättchens, das an einer Klavierfaite, die, wie eine Magnetnadel, mit einem Achathütchen auf einem Stifte im Gleichgewicht ruhte, befestigt war.

**) Wie dergleichen Berechnungen gemacht werden, darüber sehe man das vierte Kapitel des ersten Bandes dieses Werkes.

***) Man sehe: Prieftley's Geschichte der Entdeckungen, das Licht, das Gesicht u. s. w. betreffend, Abschn. 1. K. 3.

von Richtungen bewegen, alle Vorstellung übersteigen. Sollte dies als ein Einwurf gegen Newton's Theorie angeführt werden, so wird es sich schon bey dem geringsten Nachdenken ergeben, daß es ein eben so großer, wo nicht ein noch größerer Einwurf gegen die andere Hypothese ist. Die folgenden Betrachtungen aber werden zeigen, daß sich diese Schwierigkeit auch bey der Newton'schen Hypothese heben läßt.

2.

Es ist oben gezeigt worden, daß der Eindruck, den das Licht auf das Auge macht, eine gewisse Zeit lang dauernd ist, und durch den Versuch mit der rothglühenden Kohle ist bewiesen worden, daß er ohngefähr den zehnten Theil einer Sekunde verweile. Wenn man aber auch annimmt, daß er nur den hundertsten Theil einer Sekunde daure, so ist es doch einleuchtend, daß wenn von einem einzelnen Punkte eines leuchtenden Körpers aus, zum Beyspiele, von einem Punkte der Oberfläche der Sonne, 150 Lichttheilchen ausgestrahlt werden, diese mehr als hinreichend seyn würden, den Augen jenen Punkt ununterbrochen sichtbar darzustellen, und dabey können doch diese Theilchen, wegen ihrer ungeheuren Geschwindigkeit, noch immer weiter als 1000 Meilen von einander entfernt seyn und folglich Raum genug für Millionen andere lassen, sie nach allen Richtungen zu durchkreuzen. *)

3.

Der Abgang oder der Verlust von der Materie eines leuchtenden Körpers, den die Ausstrahlung des Lichtes

*) Man sehe Cantons Berechnung in den philosophischen Transactionen B. 58. S. 344.

demselben verursacht, ist wegen der Feinheit der Lichttheilchen äußerst gering und dies gilt selbst auch von der Sonne, die seit so vielen Jahrtausenden die große Quelle alles Lichtes gewesen ist. Priestley urtheilt, nachdem er den S. 137 beschriebenen Versuch, bey dem der Brennpunkt eines Brennspiegels auf ein feines Blättchen geleitet wurde, mitgetheilt hat, folgendermaßen über diesen Punkt: „Da bey diesem Versuche das Licht von einer Oberfläche die ohngefähr vier Quadratfuß betrug, und die nur ohngefähr die Hälfte von dem was wirklich auf sie fiel, zurückwarf, konzentrirt oder gesammelt wurde, so muß die in den Sonnenstrahlen, die in einer Sekunde auf eine Oberfläche von anderthalb Quadratfuß fallen, enthaltene Quantität von Materie, nicht mehr als ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Grans betragen. Die Dichtigkeit des Lichtes auf der Oberfläche der Sonne aber, ist in dem Verhältniß von 45000 zu 1 größer als auf der Oberfläche der Erde, *) es muß also in einer Sekunde, um den durch das Licht verursachten Abgang von Materie zu ersetzen, von einem Quadratfuß der Oberfläche der Sonne ein Vierzigtausendtheilchen eines Grans von Materie, ausströhmen, welches also in einem Tage nur wenig mehr als zwey Gran und in 6000 Jahren ohngefähr 4752000 Gran, welches nach gemeinem Gewicht 670 Pfund sind, betragen würde." **)

4.

Was die Bewegung des Lichtes betrifft, so ist ausgemacht, daß wenn plötzlich ein leuchtender Körper an den Himmel, eben so weit als die Sonne von uns ents

*) Man sehe den ersten Theil dieses Werkes S. 62.

**) S. dessen Geschichte der Entdeckungen über das Gesicht, das Licht und die Farben, S. 390. (Uebersetzt als Geschichte der Optik.)

fernt gesetzt würde, man denselben nicht eher würde sehen können, als nach Verlauf von $8\frac{1}{4}$ Minuten. Auch sieht man einen Himmelskörper nie genau auf der Stelle wo er jedesmal wirklich steht, sondern an der wo er einige Zeit zuvor stand.

5.

Das Licht bewegt sich in geraden Linien, so lange es durch einerley gleichförmige Substanz oder durch einen leeren Raum geht.

6.

Wenn man das Auge auf gewisse geglättete Oberflächen richtet, so sieht man in ihnen oft die Bilder von Gegenständen, die an Stellen stehen, die ganz verschieden von denen sind, auf welchen man sie auf jenen Oberflächen sieht. So wird zum Beyspiele ein bey C Fig. 14. Taf. XVIII. befindliches Auge, das gegen die Fläche und polirte Oberfläche, von welcher AB der Durchschnitt ist, gerichtet ist, ganz bestimmt die Gestalt, Farbe u. s. w. eines bey D wirklich stehenden Körpers sehen, aber es wird ihm vorkommen, als stehe er bey E; es ist also einleuchtend, daß das von D ausgehende Licht auf die Oberfläche AB fällt, und von dieser in einer anderen Richtung FC bey C zu dem Auge kömmt. Diese Oberfläche AB nun, welche das Licht auf diese Art zurückwirft, wird, sie sey nun flach oder anders gestaltet, eine zurückwerfende Oberfläche oder ein Spiegel genannt. Das auf diese Art zurückfallende Licht, nemlich FC, heist das reflectirte oder zurückgeworfene Licht und das von dem Gegenstande D auf die zurückwerfende Oberfläche fallende Licht nennt man das einfallende Licht. Der Winkel, welchen das einfallende Licht mit der auf die zurückwerfende Oberfläche gerichteten senkrechten Linie bey dem

Einfallspunkte macht, nemlich der Winkel DFG, heist der Einfallswinkel, und der Winkel, welchen das zurückgeworfene Licht mit der nemlichen senkrechten Linie macht, nemlich der Winkel CFG, Reflexions, oder Zurückwerfungswinkel. *) Indessen nennen auch einige Schriftsteller DFA den Einfallswinkel und CFB den Zurückwerfungswinkel.

7.

Wenn das Licht von einem Körper in einen anderen, oder aus einem leeren Raume in eine Substanz oder auch umgekehrt, übergeht, so wird die Richtung desselben oft abgebogen, und diese Beugung des Lichts nennt man die Brechung oder Refraction des Lichtes. Wenn man zum Beyspiele ein brennendes Licht G, Fig. 1. Taf. XIX an die Seite eines mit Wasser angefüllten Gefäßes ABDC so stellt, daß von der nach dem Lichte zu stehenden Seite des Gefäßes ein Schatten auf den Boden desselben geworfen wird, so kömmt der Rand oder Endpunkt des Schattens nicht zu E, so daß er etwa eine gerade Linie EBG bildete, sondern man wird ihn an einer anderen Stelle, etwa bey F sehen, und FBG wird auf der Oberfläche des Wassers einen Winkel bilden, welches unwidersprechlich beweist, daß das von dem Lichte ausströhmende Licht auf der Oberfläche des Wassers gebrochen, das heist abgebogen wird. Der Winkel, welchen das einfallende Licht GB mit der auf die Oberfläche senkrechten Linie bey B macht, nemlich der Winkel GBK ist der Einfallswinkel und der Winkel, den das gebrochene Licht mit der nemlichen senkrechten Linie macht, nemlich CBF

*) Die erwähnte senkrechte Linie heist: das Einfallsloth, oder Neigungsloth.

A. d. Uebers.

der Refractionswinkel oder Brechungswinkel; indessen nennen einige Schriftsteller den Winkel GBI den Einfallswinkel und FBA den Brechungswinkel, das heist diejenigen Winkel, welche das einfallende und das gebrochene Licht mit der Oberfläche ABI macht.

8.

Das Licht wird nicht nur gebogen, wenn es durch Körper geht, sondern auch, wenn es in einer kleinen Entfernung von ihnen vorbeygeht, und diese Art der Abweichung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinigten Wege wird die Beugung des Lichtes genannt.

Eine unbestimmbar kleine Lichtquantität, die weder divergirend noch konvergirend ist, nennt man einen Lichtstrahl, und die Lichtquantität, welche auf eine divergirende kegelförmige Art von einem leuchtenden Punkte ausgeht, heist ein Lichtkegel oder Strahlenkegel.

Körper, welche das Licht durchlassen, oder durch welche das Auge an der entgegengesetzten Seite befindliche Gegenstände sehen kann, als Wasser, Glas u. a. m., werden durchsichtige Körper genannt. Alle durchsichtige Körper, so wie auch ein leerer Raum, heisen in der Optik: Mittel (medium) und Körper, welche das Licht nicht durchlassen, oder den Durchgang desselben hemmen, oder durch die man nicht sehen kann, nennt man dunkle Körper.

Die Wissenschaft der Optik begreift alles dasjenige in sich, was einen Bezug auf Licht und Gesicht hat, indessen nehmen einige Schriftsteller das Wort in einer eingeschränkteren Bedeutung und verstehen unter Optik blos die Lehre vom Sehen durch gerade Lichtstrahlen, das heist: wenn das Licht von dem Gegenstande gerade

in das Auge kömmt. Derjenige Zweig der Optik, welcher von dem zurückgeworfenen Lichte handelt, heist Katoptrik, und derjenige der von der Brechung des Lichtes handelt, Dioptrik.

Die ganze Wissenschaft der Optik beruht hauptsächlich auf der Zurückwerfung und der Brechung des Lichtes, denn wenn die Lichtstrahlen weder zurückgeworfen, noch gebrochen werden könnten, so würden wir weder Telescope, noch Mikroscope, noch Brillen, noch irgend ein anderes optisches Instrument haben, und so des größten Theils der nützlichsten und bewunderungswürdigsten Erscheinungen beraubt seyn.

Zweytes Kapitel.

Von der Katoptrik oder von der Zurückwerfung des Lichtes.

Von den Lichtstrahlen die von einem leuchtenden Körper *) ausgehen, werden diejenigen, die auf die Oberflächen fast aller anderen Körper fallen, diese mögen nun durchsichtig oder dunkel, fest oder flüssig seyn, mehr oder weniger, nie aber ganz zurückgeworfen. †)

*) Unter einem leuchtenden Körper ist hier jeder sichtbare Gegenstand zu verstehen, er mag nun durch Ausstrahlung seines eigenen Lichtes, wie die Sonne, ein brennendes Licht u. s. w. oder durch zurückgeworfnes Licht, wie der Mond, ein Baum am Tage u. s. w. sichtbar seyn.

†) Von dem Lichte, das auf Queckfilber fällt, werden nicht über drey Viertheile zurückgeworfen, und doch giebt es wahrscheinlich keine Substanz, die das Licht so stark als Queckfilber zurückwirft.

Die Lichtquantität, die von einer gegebenen ebenen Oberfläche zurückgeworfen wird, ist nach der verschiedenen Be-

Wenn die zurückwerfende Oberfläche eben oder von einer regelmäßigen Gestalt ist, so kann man die Richtung der zurückgeworfenen Strahlen auf die Art, die in der Folge wird erklärt werden, verfolgen; ist aber die zurückwerfende Oberfläche unregelmäßig, so wird das Licht nach mehreren und ungewissen Richtungen zerstreut.

Die Strahlen, die, indem sie von einem einzelnen leuchtenden Punkt eines Gegenstandes ausgehen, auf eine gegebene zurückwerfende Oberfläche, oder auch auf jede solche Oberfläche fallen, sind unzählbar, da der zurückgeworfene Schein oder die Gestalt dieses Punktes von unzähligen, in verschiedenen Richtungen zerstreuten Beobachtern, die ihre Augen nach der zurückwerfenden Oberfläche gerichtet haben, kann gesehen werden. So verbreitet der leuchtende Gegenstand C Fig. 2 Taf. XIX. Lichtstrahlen sphärisch oder nach allen Richtungen. Von diesen Strahlen fällt der Theil derselben C A B auf eine ebene zurückwerfende Oberfläche, von der A B einen Durchschnitt darstellt, und wird von dieser aus auf die Stellen D, K, L, M, u. s. w. zurückgeworfen.

schaffenheit des Einfallswinkels verschieden, und es wird daher eine größere Quantität von Licht zurückgeworfen, wenn dieser Winkel groß, als wenn er klein ist. So wird von dem Lichte der Sonne, das auf eine glatte Wasseroberfläche fällt, eine größere Quantität bald nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang zurückgeworfen, als zur Mittagszeit. Indessen ist doch die Vermehrung des zurückgeworfenen Lichtes mit der Vergrößerung des Einfallswinkels nicht bey allen Arten zurückwerfender Substanzen gleich regelmäßig. Man sehe Bouguer's Abhandlung von der Optik.

Dies scheint mit Newton's Theorie vom Lichte übereinzustimmen, nemlich daß das Licht eine Emanation sey und mit einem Moment auf die Körper falle, da ein schiefer Stoß leichter zurückgeworfen wird, als ein gerader u. s. w. Man sehe den ersten Theil dieses Werkes.

Es ist einleuchtend, daß diese Strahlen mit verschiedenen Einfallswinkeln auf die Oberfläche A B fallen; allein man wird immer, welchen von diesen Strahlen und seine Zurückwerfung man auch untersuchen möge, finden, daß der Einfallswinkel beständig dem Reflections; oder Zurückwerfungswinkel gleich ist. Und das ist ein Grundgesetz der Katoptrik. So ist bey der Figur der Winkel C O K dem Winkel H O D gleich; C I G ist G I L gleich; C E N ist N E M gleich, und so fort, indem O H, I G, E N senkrechte Linien auf der Oberfläche sind.

Ein anderes eben so unveränderliches Gesetz, ist: daß der Einfallswinkel und der Zurückwerfungswinkel eines und desselben Strahles in einerley Ebene liegen, die senkrecht auf der zurückwerfenden Oberfläche ist. *) Der Strahl, welcher, wie C A, senkrecht auf eine zurückwerfende Oberfläche fällt, wird längs der nemlichen Linie zurückgeworfen, denn in diesem Falle verschwindet der Winkel mit der senkrechten Linie.

Es ist einleuchtend, daß die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Lichtstrahlen divergirend auf eine gegebene Oberfläche fallen müssen. Ist aber der Gegenstand sehr weit entfernt, so wird die Divergenz jener Strahlen unmerklich, und in diesem Falle heißen sie parallele Strahlen. Die Strahlen der Sonne, des Mondes, der Sterne u. s. w. sind also parallele Strahlen. Ist dargegen der leuchtende Punkt ziemlich nahe, dann sind die Strahlen bemerkbar divergireno oder auseinander laufend. Diejenigen Strahlen, welche von verschiedenen Punkten des Gegenstandes auf einen Punkt

*) Der zurückgeworfene Strahl bleibt also in der Zurückwerfungsebene.

A. d. Uebers.

einer Oberfläche fallen, sind einleuchtend konvergirende oder zusammenlaufende Strahlen.

Ich werde im Folgenden nicht von allen Arten von gewissen leuchtenden Punkten von Gegenständen ausgehender Strahlen, sondern blos von einigen wenigen handeln, da es leicht einzusehen ist, daß die Mittelstrahlen oder die anliegenden Strahlen sich meist nach ähnlichen Gesetzen richten müssen.

Wenn ein Auge E, Fig. 3 Taf. XIX. einen Gegenstand wie C D oder A B in gerader Richtung sieht, so dringen einige von den Strahlen die von jedem sichtbaren Punkte des Gegenstandes ausgehen, in das Auge, und die ganze, auf diese Art in das Auge kommende Lichtquantität, wird von den Strahlen umschrieben oder begrenzt, die von den äußersten Punkten des Gegenstandes, nemlich von C E und D E, oder A E und B E ausgehen. Der Winkel, den diese äußersten Strahlen auf dem Auge bilden, nemlich der Winkel C E D, oder A E B, heist der Gesichtswinkel und nach der Größe dieses Winkels beurtheilen wir hauptsächlich die Entfernung eines bekannten Gegenstandes. Wenn man, zum Beyspiele, annimmt, daß die Gegenstände C D und A B gleich seyen, oder daß sie einerley Gegenstand, aber nach und nach in verschiedenen Entfernungen befindlich vorstellten, so ist es einleuchtend, daß, je weiter der Gegenstand von dem Auge entfernt ist, desto kleiner auch der Gesichtswinkel seyn müsse.

Man muß auch hiebey bemerken, daß wenn in dem Falle, daß die Lichtstrahlen durch irgend etwas so gebrochen werden, daß der Gesichtswinkel vergrößert wird, die Entfernung zwischen dem Auge und dem Gegenstand die nemliche bleibt, der Gegenstand größer erscheint, oder, wie man zu sagen pflegt, vergrößert wird, und daß im Gegentheile, wenn der Gesichtswinkel verkleinert

wird,

wird, der Gegenstand kleiner erscheint, in welchem Falle man sagt, daß er verkleinert werde.

Eben diese, das Sehen eines Gegenstandes in gerader Richtung betreffende, Bemerkungen, gelten auch in Ansehung der, von einer regelmäßig zurückwerfenden Oberfläche zurückgeworfenen Strahlen.

Man lasse O M, Fig. 4 Taf. XIX. eine ebene zurückwerfende Oberfläche, F ein gegen sie gerichtetes Auge und A B einen davor gestellten Gegenstand seyn. Man ziehe die äußersten Strahlen A D, B G, die, da sie ihre Einfallswinkel ihren respectiven Zurückwerfungswinkeln gleich machen, bey F zu dem Auge kommen können, *) so wird es scheinen, als ob der Gegenstand bey I K, also gerade so weit hinter der zurückwerfenden Oberfläche stände, als er wirklich vor ihr steht; oder der Gegenstand wird so erscheinen, wie er in gerader Richtung in ein bey C befindliches Auge fallen würde, das heißt in ein Auge, das so weit von ihm entfernt wäre, daß die Entfernung C D der Entfernung D F gleich wäre, welches daher kömmt, daß die Linien D C, G C bey C einen Winkel bilden, der dem, von den Linien D F, G F bey F, gebildeten Winkel gleich ist. Daß diese Winkel gleich sind, kann leicht bewiesen werden, wenn man auf die zurückwerfende Oberfläche die Senkrechten I E und L N zieht, denn der Einfallswinkel A D I ist dem Zurückwerfungswinkel I D F und dem Winkel E D C

*) Es würde keinen Nutzen haben, auch diejenigen Strahlen mit in Anschlag zu bringen, die von den nemlichen Punkten A und B ausgehen und auf die übrigen Theile der zurückwerfenden Oberfläche fallen, weil sie nicht zu dem Auge zurückgeworfen werden können. Diejenigen Strahlen, die von anderen Punkten des Gegenstandes zwischen A und B kommen und auf die Oberfläche D G fallen, werden alle zwischen den äußersten Strahlen A D, D F und B G, G F eingeschlossen

gleich;*) der Winkel I D F ist also E D C und der Winkel F D G ist C D G gleich, weil der ganze Winkel I D G dem ganzen Winkel E D G gleich ist, indem beyde rechte Winkel sind. Auf gleiche Art läßt sich beweisen, daß der Winkel F G D, dem Winkel C G D gleich ist, woraus dann folgt, daß die Dreyecke D G C und D G F, da zwey Winkel des einen zwey Winkeln des andern gleich sind und sie eine korrespondirende Seite, nemlich D G mit einander gemein haben, einander in jeder Rücksicht gleich sind,*) nemlich D C ist D F und der Winkel bey C ist dem Winkel bey F gleich u. s. w.

Man muß aber auch hiebey bemerken, daß ein Gegenstand, den man dadurch sieht, daß er von einer ebenen Fläche zurückgeworfen wird, wie ihn zum Beyspiele ein bey F befindliches Auge sehen würde, nicht so hell erscheint, als wenn man ihn in gerader Linie von C aus sehen würde, weil durch die Zurückwerfung auch von der besten Oberfläche, einiges Licht verloren geht, wovon die Poren oder Zwischenräume, Unregelmäßigkeiten und dergleichen dieser Oberflächen, die Ursachen sind. Was von der Neigung der äußersten Strahlen A D und B G ist gesagt worden, läßt sich offenbar auch auf alle andere, auf eine ebene Oberfläche fallende Strahlen anwenden, nemlich, daß, weil die Senkrechten I E, L N u. s. w. einander parallel sind, die einfallenden Strahlen mit der nemlichen Neigung gegen eiander werden zurückgeworfen werden, die sie hatten, ehe sie auf die Oberfläche fielen, das heißt: sie werden nach der Zurückwerfung parallel seyn, wenn sie es vor derselben waren, und sie werden nach der Zurückwerfung auseinanderlaufend oder zusammenstrahlend seyn, je nachdem sie vor derselben auseinanderlaufend oder zusammenstrahlend waren und werden auch den nemlichen Winkel machen.

*) Euklid. Element. L. I. Prop. 15.
**) Ebendaselbst Prop. 26.

Die Zurückwerfungen von konkaven oder konvexen zurückwerfenden Oberflächen bringen sehr verschiedene Wirkungen hervor, weil die Senkrechten auf die verschiedenen Punkte einer krummen Oberfläche nicht parallel zu einander sind. Man nehme, zum Beyspiele, an, daß zwey einander parallele Strahlen A B, C D Fig. 5 Taf. XIX. auf eine sphärische konvexe Oberfläche H I fallen; dann ziehe man auf die Oberfläche die Senkrechten bey den Einfallspunkten B D, so müssen diese Senkrechten, C E B, F D, *) von einander divergiren oder auseinanderlaufen und folglich müßen auch die zurückgeworfenen Strahlen auseinanderlaufen; denn wenn eine Linie bey D, nemlich M D, mit E B parallel wäre, so würde der zurückgeworfene Strahl N D mit dem zurückgeworfenen Strahle K B parallel seyn, und folglich muß der wahre zurückgeworfene Strahl, weil er von D N divergirt, auch von K B divergiren.

Durch eine ähnliche Art zu schließen kann man auch in Ansehung der Zurückwerfung einfallender paralleler Strahlen von einer sphärischen konkaven Oberfläche beweisen, daß sie konvergirend müssen zurückgeworfen werden. So werden die parallelen Strahlen A B, C D, Fig. 6 Taf. XIX. auf eine konvergirende Art von der konkaven Oberfläche H B D I zurückgeworfen; sie müssen sich folglich in irgend einem Punkte, wo sie einander durchkreuzen, begegnen, worauf sie dann wieder divergirend fortgehen, so wie die zurückgeworfenen Strahlen B F, D F, die sich bey F begegnen, einander durchkreuzen u. s. w.

*) Die senkrechte Linie auf irgend einem Punkt einer krummen Oberfläche ist auf eine ebene Fläche, welche die krumme Oberfläche bey diesem Punkte berührt, senkrecht. Alle auf Punkten einer sphärischen konkaven oder konveren Oberfläche Senkrechten, treffen in dem sphärischen Mittelpunkte, oder in dem Mittelpunkte der Sphäre, von welcher die gegebene Oberfläche ein Theil ist, zusammen.

Diese Erklärung, die ich blos auf parallele Strahlen angewendet habe, kann leicht auch auf alle andere Arten einfallender Strahlen, nemlich auf solche, welche sowohl divergirend als auch konvergirend kommen, ausgedehnt werden. Das allgemeine Gesetz ist folgendes.

Alle Arten von Lichtstrahlen, sie mögen nun parallel, divergent oder konvergent seyn, die auf eine sphärisch konvexe Oberfläche fallen, werden auf eine stärker divergirende Art zurückgeworfen, das heißt, die zurückgeworfenen Strahlen gehen weniger gegen einander geneigt fort, als die einfallenden Strahlen.

Alle Arten von Strahlen, die auf eine sphärisch konkave Oberfläche fallen, werden stärker konvergirend oder weniger divergirend zurückgeworfen, das heißt: die zurückgeworfenen Strahlen sind stärker gegen einander geneigt als die einfallenden Strahlen. Wenn aber die zurückgeworfenen Strahlen zusammenfallen und sich durchkreuzen, so gehen sie hinter diesem Punkte oder Brennpunkte divergent fort.

Da nun oben S. 147 ist gesagt worden, daß, wenn der Winkel, welchen die von den äußersten Punkten eines Gegenstandes ausgehenden Strahlen an dem Auge machen, durch irgend etwas verkleinert wird, dann der Gegenstand kleiner erscheint, und so auch umgekehrt: so folgt daraus, daß ein Gegenstand, den man durch Zurückwerfung von einer konvexen Oberfläche sieht, kleiner erscheinen muß, als wenn er von einer ebenen Fläche zurückgeworfen worden wäre; ferner folgt daraus: daß ein Gegenstand, den man durch Zurückwerfung von einer konkaven Oberfläche sieht, größer erscheinen muß, als wenn er von einer ebenen Fläche zu einem Auge wäre zurückgeworfen worden, welches der zurückwerfenden Oberfläche näher wäre als der Brennpunkt der zurückgeworfenen Strahlen; daß er aber einen von diesem Brennpunkte weiter entfernten Auge, kleiner und ver-

kehrt erscheinen wird, denn da die Strahlen sich bey dem Brennpunkt durchkreuzen, so wird der obere Strahl B F Fig. 6 hinter dem Brennpunkte F der untere F G, und der untere D F wird der obere F K.

Alle Eigenschaften zurückwerfender Kugelflächen gründen sich auf die angegebenen Gesetze und sollte der Leser, um sich die Sache noch deutlicher machen zu können, wünschen, sie auf dem Papiere darzustellen, so kann er dies leicht bewerkstelligen, er muß nemlich zuerst die krumme Linie ziehen, welche einen Durchschnitt der zurückwerfenden Oberfläche darstellt; zweytens zieht er die einfallenden Strahlen, sie mögen nun konvergent oder parallel oder divergent seyn; drittens beschreibt er die auf die verschiedenen Einfallspunkte Senkrechten und zuletzt zieht er die zurückgeworfenen Strahlen, indem er immer den Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich macht. Ich werde also die Eigenschaften sphärischer konkaver und konvexer zurückwerfender Oberflächen, ohne weitere Erklärung dieser Eigenschaften, angeben; indessen wird es doch nöthig seyn, vorher noch kurz eine Schwierigkeit aus dem Wege zu räumen, die bey dem Studio der Optik oft vorkömmt.

Wenn von parallelen Strahlen die Rede ist, muß man nicht glauben, daß alle von allen Punkten eines Gegenstandes kommenden und auf das Auge oder eine zurückwerfende Fläche fallenden Strahlen einander parallel sind, sondern dies muß blos von denen Strahlen verstanden werden, die von einem physischen Punkte ausgehen. Wir wollen zum Beyspiele die Strahlen untersuchen, die blos von drey Punkten der Sonne kommen und in die Pupille eines Auges dringen, und man sehe hiezu die 7te Figur der XIX. Tafel. Die von dem Punkte A ausgehenden Strahlen bilden in der That einen Kegel, dessen Basis die Pupille des Auges bey D ist und dessen Höhe, die Entfernung von uns bis zur

Sonne ist. Die verschiedenen Strahlen nun, welche diesen Kegel bilden, nennt man parallele Strahlen, weil ihre Neigung gegen einander unmerklich ist. Eben dies nun, gilt auch von den von dem Punkte B oder von dem Punkte C ausgehenden Strahlen. Nimmt man aber einen Strahl von dem Punkte A und einen anderen von dem Punkte C, so bilden diese Strahlen auf dem Auge einen merklichen Winkel und nach diesem Winkel A D C schließen wir auf die scheinbare Größe der Sonne. Das Maaß dieses Winkels ist ohngefähr 32 Minuten.

Diese Figur zeigt auch zugleich, daß der Gegenstand desto heller und glänzender erscheint, je größer die Pupille ist, weil dieselbe desto mehr Strahlen von jedem einzelnen Punkte des Gegenstandes bekömmt, je größer sie ist.

Da in der Natur ein dem Beobachter naher Gegenstand heller und größer erscheint als ein ähnlicher, aber von ihm weiter entfernter, so glauben wir immer, wenn uns ein gegebener Gegenstand vergrößert und heller dargestellt wird, daß er uns näher sey, als er es wirklich ist.

Von der konvexen oder erhabenen zurückwerfenden Kugelfläche.

Die von einer Oberfläche der Art zurückgeworfenen Gegenstände erscheinen allzeit kleiner als sie wirklich sind, allemal aufrecht und immer so, als ob sie sich hinter der zurückwerfenden Fläche befänden.

Sie erscheinen auch nie genau in ihrer wahren Gestalt. Ist der Gegenstand eine gerade Linie, oder eine ebene Oberfläche, so ist das Bild oder die Scheingestalt von ihm eine krumme Linie, oder krumme Oberfläche, weil die verschiedenen Punkte des Gegenstandes nicht gleich weit von dem zurückwerfenden Körper entfernt sind.

Parallel einfallende Strahlen, nemlich solche, die von weit entfernten Gegenständen kommen, werden divergirend zurückgeworfen, und ihre Divergenz oder Auseinanderstreuung geschieht so, daß sie, wenn sie hinter der zurückwerfenden Oberfläche hervorgebracht werden, sich in der Entfernung des halben Halbmessers der Krümmung (convexity) vereinigen. Dieser Punkt heißt der **eingebildete Brennpunkt**, (auch der Zerstreuungspunkt, Focus geometricus seu virtualis) dieser Strahlen und der **Hauptbrennpunkt** (Focus principalis) des Reflektors.

Divergirend oder auseinandergehend einfallende Strahlen, nemlich solche, die von nahen und kleinen Gegenständen kommen, haben ihren Brennpunkt näher an der zurückwerfenden Oberfläche als um den halben Halbmesser.

Wenn die einfallenden Strahlen konvergirend oder zusammenlaufend sind, so werden die zurückgeworfenen Strahlen, wenn die Entfernung von dem leuchtenden Punkte weniger als die Hälfte des Halbmessers der Krümmung beträgt, einen wahren Brennpunkt vor der Oberfläche haben, da sie sonst einen eingebildeten Brennpunkt (virtual Focus) hinter derselben haben werden.

Unter der zurückwerfenden Oberfläche muß ein kleiner Theil einer großen Kugel verstanden werden, denn genau gesprochen, können die von einer konvexen oder erhabenen Oberfläche zurückgeworfenen Strahlen keinen gemeinschaftlichen eingebildeten Brennpunkt haben und die Mehrheit ihrer Brennpunkte wächst mit der Größe des sphärischen Abschnitts. Diese Eigenschaft wird deutlicher durch das werden, was sogleich von dem konkaven oder hohlen Reflektor wird gesagt werden.

Von der konkaven oder hohlen zurückwerfenden Kugelfläche.

Wenn ein leuchtender Gegenstand in den Mittelpunkt der Hohlung gesetzt wird, (weshalb der Gegenstand ein einzelner Punkt seyn sollte), dann werden alle Strahlen, die auf den konkaven oder hohlen Reflektor fallen, so zurückgeworfen werden, daß sie bey dem nemlichen Punkte, oder Mittelpunkte oder Brennpunkte zusammenlaufen.

Strahlen, die von irgend einem anderen Punkte kommen, können nicht alle zu einem und demselben Brennpunkte zurückgeworfen werden. So stellt Fig. 8 Taf. XIX. den konkaven Reflector vor, Q ist der Gegenstand, oder der leuchtende Punkt und ffffooo sind die verschiedenen Brennpunkte der zurückgeworfenen Strahlen, welche die krummen Linien fffooo bilden. Diese krummen Linien werden Brennlinien, oder Brennlinien durch Zurückwerfung, genannt *).

Strahlen, welche von dem Theile des Reflektors zurückgeworfen werden, welcher der Mitte am nächsten ist, das heißt, von dem Theile, welcher dem leuchtenden Punkte mehr in gerader Richtung entgegengesetzt ist, wie der Theil CD, treffen ziemlich nahe zusammen oder haben ihre Brennpunkte ziemlich nahe aneinander und der enge Raum, innerhalb dessen sie zusammentreffen, wird als der Brennpunkt dieser einfallenden Strahlen betrachtet. Deswegen sind die hohlen Reflektoren, die gewöhnlich

*) „Man kann solche Brennlinien auf der Oberfläche von „Milch, oder auf dunklen weißlichten Mischungen von „Flüssigkeiten, die in einer weißen Kaffeetasse enthalten sind, „oder auf dem Boden einer Schnupftabacksdose, deren „Rand gut polirt ist, sehen, wenn der Schein eines Lichtes, oder der Sonne, oder eines entfernten Fensters darauf fällt.“ Smith's Optik B. 1. K. 2.

für optische oder andere physikalische Zwecke gemacht werden, meistens kleine Theile großer sphärischer Oberflächen, denn wenn der Reflektor bestimmt ist Licht oder Wärme auf eine besondere Stelle zu werfen, wie auf F, so sind die Theile C A und D B ganz unnütz. Wenn ich also im folgenden von einem Hohlreflektor spreche, verstehe ich immer einen kleinen Theil einer großen sphärischen Oberfläche darunter.

Auch der strahlende oder leuchtende Punkt, von welchem die einfallenden Strahlen ausgehen, wird, eben so wie der, in welchem die zurückgeworfenen Strahlen zusammentreffen, ein Brennpunkt genannt, nur daß jener der Brennpunkt der einfallenden Strahlen und der letztere der Brennpunkt der zurückgeworfenen Strahlen heißt.

Eine Linie, die man sich so denkt, daß sie durch den Mittelpunkt des Reflektors und durch den Mittelpunkt der Kugel, von welcher dieser Reflektor ein Theil ist, gehe, wird die Axe des Reflektors genannt.

Wenn die einfallenden Strahlen parallel sind, das heißt, wenn der Brennpunkt derselben sehr entfernt ist, dann ist der Brennpunkt der zurückgeworfenen Strahlen, in der Entfernung des halben Halbmessers der Krümmung (concavity) von der zurückwerfenden Oberfläche vor dem Reflektor und in der Mitte jenes Halbmessers mit welchem die einfallenden Strahlen parallel sind. *) Diese Entfernung wird die Brennweite genannt, und ein solcher Brennpunkt zurückgeworfener Strahlen, nemlich dessen Entfernung dem halben Halbmesser der

*) Das heist: die Brennweite der sphärischen Hohlspiegel beträgt den vierten Theil vom Durchmesser der Sphäricität, oder: Strahlen, welche nahe bey der Axe und parallel mit derselben einfallen, vereinigen sich in dieser Weite wieder mit der Axe. Der Uebers.

Krümmung gleich ist, heißt der Hauptbrennpunkt jenes Reflektors.

Je näher der Brennpunkt einfallender Strahlen der Oberfläche des Reflektors kömmt, desto weiter weicht der Brennpunkt zurückgeworfener Strahlen, von dieser Oberfläche zurück; kurz: diese Brennpunkte bewegen sich in entgegengesetzten Richtungen. *) Wenn die Entfernung des Brennpunkts einfallender Strahlen der Hälfte des Halbmessers der Hohlung gleich ist, so werden die

*) Von den folgenden drey Größen, nemlich der Entfernung des Brennpunktes einfallender Strahlen, der Entfernung des Brennpunktes zurückgeworfener Strahlen und dem Halbmesser der Konkavität oder Konverität, kann, wenn zweye gegeben sind, die dritte nach folgender Analogie oder Proportion, die sich auf erhabene sowohl als hohle sphärische Reflektoren anwenden läßt, gefunden werden.

Die Entfernung des Brennpunktes einfallender Strahlen von dem Hauptbrennpunkte, die Hälfte des Halbmessers des Reflektors und die Entfernung zwischen dem Hauptbrennpunkte und dem Brennpunkte zurückgeworfener Strahlen, haben ein beständiges Verhältniß zu einander.

Man nehme an, der Reflektor sey hohl und die Strahlen divergirten von einem Brennpunkte ab, dessen Entfernung von der Oberfläche $= d$ sey.

Der Halbmesser des Reflektors sey $= r$, so hat man, nach der vorstehenden Regel: $d - \frac{r}{2} \cdot \frac{r}{2} \cdot \frac{r}{2} \cdot \frac{r^2}{4d - 2r} =$ der Entfernung zwischen dem Brennpunkte zurückgeworfener Strahlen und dem Hauptbrennpunkte.

Der Brennpunkt zurückgeworfener Strahlen ist in diesem Falle zwischen dem Hauptbrennpunkte und dem Mittelpunkte des Reflektors: Wenn man daher $\frac{r}{2}$ zu der zuletzt gefundenen Größe addirt, so hat man $\frac{r^2}{4d - 2r} + \frac{r}{2} =$

$\frac{2r^2 + 4dr - 2r^2}{8d - 4r} = \frac{dr}{2d - r}$ als die Entfernung des Brennpunktes zurückgeworfener Strahlen von der Oberfläche.

Strahlen einander parallel zurückgeworfen werden und wenn diese Entfernung weniger als die Hälfte des Halbmessers der Hohlung beträgt, so werden die zurückgeworfenen Strahlen nicht in einem Brennpunkte vor dem Reflektor zusammentreffen, sondern divergirend fortgehen, das heißt ihr eingebildeter Brennpunkt wird hinter dem Reflektor seyn.

Wenn ein Gegenstand, wie O B Fig. 9 Taf. XIX. vor einen konkaven oder hohlen Reflektor A R gestellt wird, so werden die Strahlen, die von irgend einem Punkte, zum Beyspiele von O ausgehen und auf ihn fallen, von ihm konvergirend zurückgeworfen, so daß sie einander bey I durchkreuzen. Eben so werden auch die von irgend einem anderen Punkte, zum Beyspiele von B ausgehenden Strahlen zu einem Brennpunkte M zurückgeworfen, und eben dies gilt auch von den zwischen diesen beyden liegenden Punkten. Da nun diese Brennpunkte beynahe in der nemlichen proportionalen Entfernung von einander liegen, wie die strahlenden Punkte in dem Gegenstande O B, so sagt man, daß ein Bild des Gegenstandes vor dem Reflektor sey gebildet worden; aber man

Diese Auflösung paßt auf alle Fälle von Brennpunkten, die durch Zurückwerfung von einer sphärischen Oberfläche entstehen, wenn man nur das Zeichen von r verändert, wenn der Reflektor erhaben ist, und das Zeichen von d, wenn die Strahlen zu einem Punkte konvergiren oder zusammenfallen, dessen Entfernung von der Oberfläche d ist; wenn, zum Beyspiele, Strahlen auf einem hohlen Reflektor, dessen Halbmesser 30 Zoll beträgt, zusammenlaufen und der Brennpunkt der zusammenfallenden Strahlen wäre 10 Zoll von der Oberfläche, so wäre die gesuchte Brennpunktslänge $\frac{-dr}{-2d-r} = \frac{dr}{2d+r}$ in dem gegenwärtigen Falle $= \frac{30 \cdot 10}{30 + 20} = 6.''$

Alwoods Beschreibung von Versuchen S. 58.

muß sich nicht vorstellen, daß ein an der einen Seite, etwa bey C, stehender Beobachter das Bild I M sehen könne, denn ob sich gleich die Lichtstrahlen bey I M begegnen und einander durchkreuzen, so gehen sie doch jenseits dieser Stelle gerade fort und können folglich, eben darum nicht bey C in das Auge kommen. Wenn man also sagt, daß bey I M ein Bild sey hervorgebracht worden, so will man damit sagen, daß wenn bey I M eine feste undurchsichtige Substanz, etwa ein ebenes Stück Papier, sey gestellt worden, dann das Bild des Gegenstandes auf derjenigen Seite des Papiers werde hervorgebracht werden, die dem Reflektor gegen über ist; dieses Bild aber sieht ein bey C befindliches Auge, weil in diesem Falle, wo die Lichtstrahlen in ihrem geraden Gange aufgehalten werden, gar kein Bild, oder doch ein sehr undeutliches entsteht, wenn das Stück Papier näher bey oder weiter von dem Reflektor als an der gehörigen Stelle angebracht wird.

Auch wenn sich ein Auge vor dem Reflektor befindet, wie bey D, so kommen die Lichtstrahlen mit der nämlichen Neigung in dasselbe, als wenn der Gegenstand bey I M stände, aber in einer umgekehrten Stellung. Daher sagt man, daß vor dem Reflektor ein umgekehrtes Bild sey hervorgebracht worden.

Dies zeigt auch, was es heißen soll, wenn man sagt: daß ein Bild hinter dem Reflektor sey hervorgebracht worden, man versteht nemlich darunter, daß die zurückgeworfenen Strahlen mit der nemlichen Neigung in das Auge kommen, als ob der Gegenstand selbst hinter dem Reflektor stehe.

Wenn ein Auge einen Gegenstand in gerader Linie sieht, so ist die Lichtquantität, welche von irgend einem einzelnen Punkte des Gegenstandes in das Auge dringt, ein Kegel oder Büschel, dessen Basis der Pupille oder der Oefnung des Auges gleich ist, und dies ist auch der Fall, wenn der Gegenstand von einem ebenen Spiegel

zurückgeworfen, gesehen wird. Ist aber der Spiegel ein Hohlspiegel, dann dringt wegen der Neigung, welche die Lichtstrahlen zu einander bekommen, von einem jeden einzelnen Punkte eine größere Lichtquantität in die Pupille. Dies zeigen die zehnte, eilfte und zwölfte Figur der XIX. Tafel deutlich, indem die erste dieser Figuren eine gerade Ansicht, die zweyte eine durch Zurückwerfung von einem ebenen Reflektor gegebene Ansicht und die dritte eine durch Zurückwerfung von einem hohlen Reflektor erhaltene Ansicht eines und desselben leuchtenden Punktes A darstellt.

Daher kommt es, daß ein von einem hohlen Reflektor zurückgeworfenes Bild, um ein großes Theil heller erscheinen kann, als der Gegenstand selbst.

Das Bild eines Gegenstandes, das eine sphärische Oberfläche zurückwirft, ist nie genau dem Gegenstande selbst gleich. So ist, zum Beyspiele, das Bild einer geraden Linie nicht wieder eine gerade Linie, sondern ein Kegelschnitt, und die Art der krummen Linie, die dadurch entsteht, wird durch die Entfernung des Gegenstandes bestimmt.

Die Stärke des Lichtes oder die Hitze der Sonne, die durch die in dem Brennpunkte eines sphärischen hohlen Reflektors gesammelten Strahlen hervorgebracht wird, verhält sich, wie man annimmt, direkt wie das Quadrat des Durchmessers des Reflektors und umgekehrt wie die Hauptbrennweite. Wenn, zum Beyspiele, zwey Reflektoren A und B einerley Halbmesser der Konkavität oder Hohlung haben, der Durchmesser von A aber sechs Zoll und der von B achtzehn Zoll beträgt, dann verhält sich die Intensität oder Stärke des Lichtes oder der Hitze bey dem Brennpunkte von A, zu der bey dem Brennpunkte von B, wie sich eins zu neun verhält. Indessen darf man dies Verhältniß doch nicht als genau betrachten.

Die Eigenschaft eines hohlen Reflektors, ein Bild eines Gegenstandes vor seiner Oberfläche hervorzubringen, hat man oft zu wirklichen Betrügereien oder unterhaltenden Täuschungen benützt, und auch die darauf sich gründenden Erfindungen für Geld gezeigt. Folgendes ist eine leichte Zusammensetzung der Art.

Hinter eine Scheidewand F D, Fig. 13. Taf. XIX. die einen kreisförmigen oder länglichten Ausschnitt, der ohngefähr sieben Zoll lang ist, hat, wird ein Hohlspiegel von ohngefähr einem Fuß im Durchmesser gestellt. Hinter die Scheidewand wird etwa bey E ein Gegenstand, zum Beyspiele, eine Blume, aber umgekehrt, gestellt und vermittelst an den Seiten angebrachter Lampen erleuchtet, und vor die Scheidewand wird bey D ein Blumentopf oder ein anderes Geschirr gestellt. Sieht nun ein bey C befindliches Auge gerade durch den in der Scheidewand angebrachten Ausschnitt, so wird es ein Bild der Blume bey I erblicken und wenn das Licht gehörig gehalten oder eingerichtet wird, nemlich so, daß kein Licht von außem dazu kommen kann, so ist die Täuschung so vollkommen, daß der Zuschauer wohl die Hand ausstreckt, um den Schatten abzupflücken, den er für eine wirkliche bey I befindliche Blume hält.

Man hat zurückwerfende Oberflächen von mancherley Gestalten, zum Beyspiele, zylindrische, konische u. s. w. gemacht, der einzige Gebrauch aber, den man von ihnen machen kann, besteht darinnen, daß man vermittelst derselben Unkundige dadurch überrascht, daß man ihnen von einem unregelmäßig gebildeten Gegenstande eine zurückgeworfene regelmäßige Gestalt zeigt, wovon der Grund leicht einzusehen ist. Wenn man, zum Beyspiele, vor einem unregelmäßigen Reflektor einen regelmäßigen Gegenstand stellt, so muß nothwendig ein ungestaltetes Bild von ihm zurückgeworfen werden; wenn daher der Gegenstand, etwa ein Gemälde u. dergl. ab-

sichtlich, nach gewissen Regeln, die man leicht durch eine gehörige Beurtheilung der Gestalt des Reflektors oder durch Versuche findet, gezeichnet, oder verfertigt wird, so wird das davon zurückgeworfene Bild regelmäßig erscheinen. Solche entstellte oder verzeichnete Figuren, die man Anamorphosen nennt, werden von Optikern zugleich mit einem zylindrischen oder konischen Reflektor verkauft. *)

Indessen giebt es doch für einen Hohlspiegel eine Art der Gestalt, welche allen anderen vorzuziehen ist, nemlich die parabolische; **) denn wenn Strahlen auf einen parabolischen Hohlspiegel mit seiner Axe parallel fallen, so werden sie, wie man nach den Grundsätzen von den Kegelschnitten leicht einsieht, alle zu einem und demselben Punkte, nemlich zu dem Brennpunkte der Parabel zurückgeworfen, ohne jene krummen Brennlinien zu machen, die durch sphärische Hohlspiegel hervorgebracht werden. Allein die Verfertigung gut polirter parabolischer Spiegel ist sehr schwer und es giebt in der That noch keine als sicher bekannte Methode, sie zu verfertigen.

Die Zurückwerfung des Lichtes von den polirten Oberflächen fast aller Körper hat nicht nur dann statt, wenn die von dem Gegenstande ausgehenden einfallenden Strahlen durch die Luft gehen und auf die Oberfläche des festen oder flüssigen Körpers fallen, sondern

*) Wie dergleichen verzerrte Figuren müssen gezeichnet werden, darüber sehe man: Smiths Optik, (von Kästner übersetzt,) B. 2. K. 12. Priestley's Geschichte der Optik, (von Klügel übersetzt,) Th. 2. Abschn. 5. und die meisten anderen Schriftsteller über diesen Gegenstand. T.

**) Parabolische Spiegel sind Hohlspiegel, deren hohle Fläche ein Stück der Oberfläche eines Paraboloid's, das ist eines aus Umdrehung der Parabel um ihre Axe entstandenen Körpers ist. T.

auch, wenn sie durch den flüssigen oder festen Körper selbst gehen. Wenn zum Beyspiele in einem Stück Glas BCDE, Fig. 14. Taf. XIX. ein Fleck A ist, so wird ihn ein bey F befindliches Auge in der Richtung FG sehen, da das einfallende Licht desselben AG durch die Oberfläche BD zurückgeworfen wird. Und diese Zurückwerfung wird sehr stark oder vollständig, wenn der Einfallswinkel AGH größer als 40° ist. Dasselbe geschieht mit Wasser und anderen durchsichtigen Körpern. *) Mehr wird hievon im folgenden Kapitel gesagt werden.

Ein gewöhnlicher flacher Reflektor oder Spiegel besteht aus einer ebenen polirten Glasplatte, deren Hinterfläche mit einer Platte von Zinnfolie foliirt oder belegt ist, deren Anhängen an dieselbe durch Queckfilber bewirkt wird. Zufolge dieser Einrichtung giebt der Spiegel von jedem Gegenstande eine doppelte Zurückwerfung, nemlich eine von der oberen Oberfläche und eine andere von der unteren mit der Zinnfolie belegten. Wenn eine Person gerade vor dem Glase steht, so fallen die beyden zurückgeworfenen Bilder zusammen und sie sieht nur ein Bild; steht sie aber schief davor, wie bey A, Fig. 15. Taf. XIX. und sieht die Zurückwerfung D eines an der anderen Seite stehenden Gegenstandes BC, so wird sie zwey Bilder sehen, nemlich ein von der oberen und ein anderes von der unteren Oberfläche des Spiegels EF hervorgebrachtes. Ist der Gegenstand BC sehr hell und leuchtend, wie zum Beyspiele ein brennendes Licht ist, so wird das bey A befindliche Auge, bey D eine lange Reihe von Lichtern sehen, die allmählig an Glanze abnehmen. Die Ursache dieser Erschei-

*) Wenn ein so durch ein Mittel gehender Lichtstrahl durch die Oberfläche desselben zurückgeworfen wird, so wird die Zurückwerfung desto stärker seyn, je dünner das Mittel ist, welches das erstere umgiebt. T.

nung ist, daß die starke Zurückwerfung von der unteren Oberfläche des Spiegels auf die obere, von dieser wieder zurückgeworfen wird und diese Zurückwerfung wieder von der unteren Fläche u. s. w.

Es giebt keine so vollkommen durchsichtige Substanz, die nicht einige kleine undurchsichtige oder zurückwerfende Theilchen enthielte, die einen Theil des Lichtes zerstreuen, das sonst ganz hindurchgehen würde. Dies ist die Ursache, warum man die Richtung eines durch ein kleines Loch eindringenden, durch die Luft eines Zimmers gehenden Lichtstrahles sehen kann; es geschieht nemlich wegen der zurückwerfenden Theilchen von Substanzen, die in der Luft schweben. Daher sieht man auch das Licht in einem Zimmer außer der wahren Richtung der Strahlen, die durch eine Oeffnung oder ein Fenster u. s. w. kommen.

Wenn Licht auf einen Körper fällt und von ihm zurückgeworfen wird, so nimmt man an, daß die Zurückwerfung nicht genau auf der Oberfläche des zurückwerfenden Körpers selbst, sondern in einer kleinen Entfernung von derselben statt habe. Einer von den Beweisen für diese Voraussetzung ist, daß Körper, die durch Kunst glatt gemacht worden, das Licht regelmäßig zurückwerfen, ob man gleich findet, daß ihre Oberflächen, wenn man sie genau durch ein Vergrößerungsglas untersucht, voller Risse und Löcher sind.

Ich will nun dieses Kapitel mit der Beschreibung einer praktischen Methode, den Einfalls- und Zurückwerfungswinkel, wie auch die durch Zurückwerfung verloren gehende Lichtquantität zu bestimmen und zu messen, beschließen.

Es giebt verschiedene Arten, den Einfalls- und Zurückwerfungs-Winkel zu messen, aber die folgende ist eine der leichtesten. Man lasse ACB Fig. 16. Taf. XIX. einen Halbkreis seyn, der in zweymal neunzig Grade ge-

theilt ist, und AB stelle den Durchschnitt eines ebenen Spiegels vor. Man bedecke die Oberfläche dieses Spiegels, bis auf einen sehr kleinen kreisförmigen Fleck, wie wie bey D, mit Papier. Dann stelle man den Halbkreis senkrecht auf den Spiegel und zwar so, daß der Mittelpunkt desselben in die Mitte des unbedeckten Flecks D des Spiegels zu stehen kömmt. Wenn dies geschehen ist, so befestige man eine Nadel, oder einen andern kleinen Gegenstand dicht auf dem Rande des Halbkreises, zum Beyspiele bey E, dem 50sten Grade, und bewege dann das Auge längs der Seite A F C des Halbkreises, so wird man blos dann, wenn das Auge bey F, also bey dem 50ten Grade des Quadranten A F C ist, den durch den Spiegel D zurückgeworfenen Gegenstand E wahrnehmen, woraus erhellet, daß der Zurückwerfungswinkel C D F, dem Einfallswinkel E D C gleich ist.

Bouguer's Methode die, durch die Zurückwerfung verloren gegangene, Lichtquantität zu bestimmen, hat D. Priestley auf folgende Art beschrieben: „Er stellte „einen Spiegel, oder eine zurückwerfende Oberfläche, B, „Fig. 17 Taf. XIX, mit welchem der Versuch gemacht „wurde, gerade aufrecht. Dann nahm er zwey Tafeln, „die genau einerley Farbe hatten, oder in gleichem „Grade weiß waren und stellte sie genau parallel gegen „einander, wie bey E und D, und warf nun vermittelst einer Lampe oder einer Kerze P, die er in einer „geraden Linie zwischen sie stellte, Licht auf sie. Darauf stellte er sich selbst so, daß er mit seinem bey A „befindlichen Auge die Tafel E und das von dem Spiegel B zurückgeworfene Bild D, zugleich sehen konnte, „indem er das Auge so richtete, daß es schiene als berührten sie sich einander. Dann bewegte er das Licht „längs der Linie E D, um mehr oder weniger Licht auf „eine der beyden Tafeln zu werfen, bis er in Ansehung „der Stärke des von beyden in sein Auge geworfenen

„Lichtes keinen Unterschied mehr bemerken konnte. Jetzt „hatte er nun nichts weiter nöthig, als die Entfernung „E P und D P zu messen, denn die Quadrate dieser „Entfernungen drückten den Grad aus, in welchem die „Zurückwerfung des Spiegels die Lichtquantität vermin„derte. Es ist einleuchtend, daß, wenn der Spiegel „alle die Strahlen, die er erhalten, zurückgeworfen hät„te, das Licht P, bey C, in einer gleichen Entfernung „von jeder der Tafeln hätte müssen gestellt werden, „wenn beyde gleich hätten sollen erleuchtet werden. Da „nun aber bey der Zurückwerfung viel von dem Lichte „verloren geht, so kann man nur dadurch bewirken, „daß sie beyde gleich erleuchtet erscheinen, daß man das „Licht näher an die Tafel D stellt, die man blos durch „Zurückwerfung sehen kann.

„Um zu finden, wie viel Licht durch schiefe Zurück„werfung verloren geht, nahm er zwey gleich geglät„tete Platten D und E, Fig. 18. Taf. XIX. und er„leuchtete sie durch das Licht P. Der einen dieser „Platten D, die durch Zurückwerfung von B bey A ge„sehen wurde, gab er eine schiefe Richtung gegen das „Auge und die andere E stellte er so, daß sie an jene „grenzend erschien; dann entfernte er die Platte E von „jener, bis das Licht, das sie zurückwarf, nicht stärker „mehr war, als das von dem Bilde von D, das bey B „durch Zurückwerfung gesehen wurde und schätzte nun „die durch diese schiefe Zurückwerfung verloren gegan„gene Lichtquantität, durch das Quadrat der Entfer„nungen der beyden Gegenstände von dem Lichte.

„Es ist wohl kaum nöthig zu bemerken, daß bey „allen diesen Versuchen alles fremde Licht entfernt, das „Auge beschattet und jede andere Vorsichtsregel beob„achtet

„achtet wurde, um seine Folgerungen über jeden Zwei„fel zu erheben.“ *)

Aller dieser Vorsichtsmaßregeln aber ohngeachtet, muß man doch eingestehen, daß die angegebene Art, das durch Zurückwerfung verloren gegangene Licht zu bestimmen, keinesweges sehr genau ist; indessen kenne ich selbst doch keine, die weniger Einwürfen unterworfen wäre. Die Haupturſachen der Unvollkommenheit derselben sind: die Schwierigkeit, durch das Urtheil des Auges zu bestimmen, wenn beyde Gegenstände gleich hell erscheinen, und dann auch der Mangel eines strengen auf Versuche gegründeten Beweises von dem Satze: daß Licht wirklich in dem Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen von dem leuchtenden oder strahlenden Punkte abnimmt.

Drittes Kapitel.

Von der Dioptrik oder dem gebrochenen Lichte.

Der Gegenstand dieses Kapitels betrifft die Angabe und Erklärung der verschiedenen Wirkungen, die durch die Brechung des Lichtes durch durchsichtige Mittel hervorgebracht werden. **)

*) S. Priestley's Geschichte der Optik, (übersetzt von Klügel,) Th. 6. Abschn. 3. T.

**) Ein Mittel (oder Medium) nennt man einen jeden durchsichtigen überall gleich dichten Raum, er mag leer oder gefüllt seyn. T.

Wenn ein Lichtstrahl aus einem Mittel in ein anderes, in einer auf die beyden gegen einander stoßenden Oberflächen, oder auf die Verbindung der beyden Mittel senkrechten Richtung geht, so geht er gerade fort, ohne die geringste Abweichung von der geraden Linie.

Geht aber der Strahl aus einem Mittel in ein anderes von einer verschiedenen Dichte, in einer auf die gegen einander stoßenden Oberflächen der beyden Mittel schiefen Richtung über, so wird er und zwar so gebrochen, daß er da, wo die beyden Mittel zusammenstoßen, einen geradlinigten Winkel macht, denn die Richtung des durch eins von diesen Mitteln gehenden Strahles ist geradlinigt, so lange das Medium eine gleichförmige Dichtigkeit behält. Ist aber dieses in Ansehung der Dichtigkeit beständig veränderlich, wie zum Beyspiele, die atmosphärische Luft von der Erde nach oben zu ist, so wird der durch dasselbe gehende Strahl beständig gebogen werden, das heist: er wird eine krumme Linie machen.

Wenn ein Lichtstrahl aus einem dünneren in ein dichteres Mittel, *) oder auch umgekehrt, geht, und man zieht auf die Verbindung der beyden Mittel bey dem Punkte, durch welchen der Strahl geht, eine senkrechte Linie, so ist der Winkel, den er mit derselben in dem dünneren Mittel macht, gewöhnlich größer als derjenige, den er mit ihr in dem dichteren macht.

Dies wird auch mit anderen Worten so ausgedrückt, daß man sagt: bey dem Durchgehen aus einem dünneren in ein dichteres Mittel sey der Einfallswinkel gewöhnlich größer als der Brechungswinkel und so auch umgekehrt.

*) Nicht alles auf einen durchsichtigen Körper fallende Licht geht durch denselben, sondern es wird immer ein Theil davon von seiner Oberfläche zurückgeworfen. T.

Hiebey hat man beobachtet, daß, wenn ein schiefer Lichtstrahl durch dieselben Mittel geht, der Sinus des Brechungswinkels immer das nemliche, (entweder genau oder doch beynahe das nemliche) Verhältniß zu dem Sinus des Einfallswinkels hat und daß auch beym Uebergange des Strahls durch zwey andere Mittel, der Sinus des Brechungswinkels ebenfalls mit dem Sinus des Einfallswinkels in einem gewissen, (entweder beständig oder doch beynahe dem nemlichen) Verhältnisse stehe. Das Verhältniß dieser beyden Sinus in den beyden letzteren Mitteln aber, ist verschieden von dem Verhältnisse der beyden Sinus in den ersteren Mitteln. Alles dies wird deutlicher werden durch die folgende Erklärung von Fig. 1. Taf. XX.

Man nehme an, daß F G X Z eine Quantität Wasser sey. B sey eine enge Röhre, durch welche die Sonne scheint, deren Licht, da die Röhre schief gerichtet ist, bey C schief auf das Wasser fallen muß. Dabey nun, wird dasselbe durch das Wasser nicht längs der Linie C Z, welche mit B C in einerley geraden Richtung ist, sondern, (wie man, zumal wenn das Wasser nicht sehr rein ist, deutlich sehen kann), in der Richtung C D gehen, indem es mit der Linie A C E, (welche senkrecht auf die Oberfläche des Wassers oder die Grenze der beyden Mittel, Wasser und Luft, ist), den Brechungswinkel D C E, kleiner als den Einfallswinkel A C B macht.

Oder man nehme an, daß verschiedene Gegenstände, zum Beyspiele Kiesel, unter das Wasser gelegt würden und ein Beobachter durch die geneigte Röhre B, dieselben von P aus betrachte, so wird er nicht den Kiesel Z, sondern den Kiesel D sehen, da er doch, wenn das Wasser abgelassen würde, den Kiesel Z, nicht aber den Kiesel D sehen würde.

Wenn um den Mittelpunkt, oder um den Einfallspunkt C ein Kreis F H E, auf der Fläche der Linien

B C, C D beschrieben, und von dem Durchschnitte H des Kreises, bey dem einfallenden Strahle, auf die Linie A E eine Senkrechte H K gezogen wird, so ist H K der Sinus des Winkels B C A. Eben so: wenn von dem Durchschnitte I des Kreises, bey dem gebrochenen Strahle, eine Senkrechte I L auf die nemliche Linie A E gezogen wird, so ist I L der Sinus des Winkels D C E.

In Ansehung dieses Sinus I L nun, hat man gefunden, daß er immer beynahe drey Viertheile des Sinus H K beträgt, es verhalte sich dieser auch wie er wolle. Zum Beyspiele: wenn die Röhre B bey M angebracht ist, so wird der Sinus des Einfallswinkels M C A seyn O R und der Brechungswinkel, oder der Winkel im Wasser wird Y C E seyn, da dessen Sinus Y Q ist und Y Q wird, wie oben, beynahe drey Viertheile des Sinus O R betragen.

Es ist einleuchtend, daß, wenn der einfallende Strahl längs der Linie A C kömmt, der Einfallswinkel sowohl, als auch der Sinus desselben verschwindet oder Null wird, und daß folglich auch der Brechungswinkel sammt seinem Sinus verschwinden muß, das heist: daß der Lichtstrahl gerade längs der Linie A C E fortgehen muß. Daher man den Satz aufstellt: daß, wenn die Lichtstrahlen in ein Medium oder Mittel in einer Richtung gehen, welche senkrecht auf die Oberfläche desselben ist, keine Brechung statt habe.

Wenn man nun statt des Wassers F G X Z, Glas annimmt, übrigens aber alles wie vorher bleiben läßt, dann wird der Unterschied des Resultates darin bestehen, daß das Verhältniß des Sinus des Brechungswinkels zu dem des Einfallswinkels nicht wie bey dem Wasser, nemlich wie drey zu vier, sondern beynahe wie zwey zu drey seyn wird, das heißt: die Brechungswinkel werden respektive kleiner seyn, wenn F G X Z Glas ist, als sie seyn würden, wenn es Wasser wäre. Und wenn

F G X Z, anstatt Wasser oder Glas zu seyn, ein Diamant wäre, dann würde der Brechungswinkel noch kleiner seyn, nemlich der Sinus des Winkels in dem Diamant würde sich zu dem Sinus des Winkels in Luft beynahe wie zwey zu fünf verhalten.

Man hat auf diese Art die brechenden Eigenschaften einer beträchtlichen Anzahl von durchsichtigen Substanzen untersucht und die besonderen Brechungskräfte derselben werden in der Folge angegeben werden.

Bey dem angeführten Beyspiele, wird das Licht, (zum Beyspiele das Sonnenlicht), welches, indem es durch die Röhre B geht, auf das Wasser bey C fällt, nicht nur gebogen, sondern auch seinem Durchschnitt nach vergrößert und die Vergrößerung desselben erfolgt in der Ebene C I E B. Es ist auch merkwürdig, daß das gebrochene und vergrößerte oder zerstreute Licht, nicht einfarbig ist, sondern mit den Farben des Regenbogens bezeichnet erscheint.

Bey der zweyten Figur der Taf. XX, welche die Absicht hat, diese wunderbare Eigenschaft zu erläutern, wird durch I C ein kleiner Strahl des Sonnenlichtes vorgestellt, der durch die Luft geht und bey C in ein brechendes Mittel eindringt. Durch dieses Medium wird der Lichtstrahl auf einem Ausschnitte in der Gestalt von v C r zerstreut, welcher der Zerstreuungswinkel genannt wird und der selbst in kleinere Sektoren (Ausschnitte) von verschiedenen Farben getheilt ist, indem nemlich zunächst an der oberen Linie C r das Licht roth erscheint und von da aus allmählig in Orangenfarbe, gelb, grün, blau, Indigo und zuletzt violet übergeht, welche letztere Farbe der unteren oder Grenzlinie C v, am nächsten ist.

Eine Linie C m, durch die Mitte des Winkels v C r ist die mittlere Richtung des gebrochenen Lichtes und m e ist der Sinus derselben, oder der Sinus des mitt-

leren Brechungswinkels, da v f und r d die Sinus der äußersten Linien sind, da denn v f der Sinus der am stärksten brechbaren Farbe und r d der Sinus der am schwächsten brechbaren Farbe genannt wird.

Diese Zertrennung des weißen oder farbenlosen Lichtes in verschiedene Farben bewog Newton zu dem Schlusse: daß das weiße Licht aus verschiedenen gefärbten Strahlen bestehe, oder eine Mischung derselben sey, die, weil sie auf verschiedene Art könnten gebrochen werden, durch das brechende Mittel getrennt würden. Hiebey muß aber sogleich bemerkt werden, daß wenn das Mittel das nemliche ist, der Zerstreuungswinkel mit dem mittleren Brechungswinkel immer in Verhältniß steht, und daß folglich, wenn der letztere sehr klein ist, der Zerstreuungswinkel viel kleiner seyn muß, in welchem Falle dann die verschiedenen Farben nicht von einander unterschieden werden können. Ist hingegen der Einfallswinkel und folglich auch der mittlere Brechungswinkel beträchtlich größer, dann wird der Zerstreuungswinkel auch so groß seyn, daß er die verschiedenen Farben darstellen kann.

Verschiedene brechende Mittel haben auch verschiedene Zerstreuungspotenzen; wenn, zum Beyspiele, der Einfallswinkel I C H auch der nemliche bleibt, so wird nicht nur der mittlere Brechungswinkel m C E, je nachdem das brechende Mittel A B D G Wasser oder Glas oder Diamant u. s. w. ist, verschieden seyn, sondern es wird dies auch der Zerstreuungswinkel v C r seyn. Bey einigen brechenden Mitteln aber wird der mittlere Brechungswinkel größer, indeß der Zerstreuungswinkel kleiner ist und bey anderen brechenden Mitteln ist der mittlere Brechungswinkel kleiner und dargegen der Zerstreuungswinkel größer. Kurz, die Kenntniß von der mittleren brechenden Potenz einer gegebenen Substanz setzt

uns nicht in den Stand ihre zerstreuende Potenz zu bestimmen, und so auch umgekehrt.

Wärme oder eine Erhöhung der Temperatur, verstärkt überhaupt, obgleich nicht sehr, die brechende Potenz oder Kraft durchsichtiger und besonders flüssiger Körper.

Die nachstehende Tabelle enthält die mittlere Brechung aus Luft in die folgenden Mittel. Die erste Kolumne enthält die Substanzen; die zweyte drückt den Sinus des Einfallswinkels aus, wobey der Brechungswinkel für eins gerechnet wird; und die dritte drückt in proportionalen Zahlen die zerstreuenden Potenzen oder Kräfte aus, wobey die des Wassers als 100 angenommen wird. So verhält sich, zum Beyspiele, der Einfallssinus zu dem der Brechung aus Luft in Flintglas, wie sich 1,5998 zu 1, oder wie sich 1,6 zu 1 verhält. Und die zerstreuende Kraft des nemlichen Glases verhält sich zu der des Wassers, wie sich 227 zu 100 verhält *).

*) Die verschiedenen Artikel dieser Tabelle sind nach Newtons, Eulers, Zeichers, Hauskbees, Martin's Rochon's und anderer Versuchen gesammelt. Es hätte leicht eine große Menge anderer Substanzen, zum Beyspiele, Salzsolutionen, Holzdekokte oder Aufgüsse ꝛc. noch beygefügt werden können, allein sie sind mit Bedacht aus derselben geblieben, nemlich hauptsächlich wegen ihrer unbestimmten und schwankenden Beschaffenheit. Man sehe in der Tabelle den Artikel: destillirter Essig.

Nach folgenden Punkten kann man sich eine Vorstellung von der wirklichen Größe der zerstreuenden Potenz oder Kraft des Flintglases machen: Der Sinus des Einfallswinkels verhält sich zu dem Sinus des Brechungswinkels der aus Luft in Flintglas am wenigsten brechbaren oder rothen Strahlen, wie sich 1, 5889 zu 1 verhält und der Sinus des Einfallswinkels verhält sich zu dem der Brechung der am brechbarsten oder violetten Strahlen, wie sich 1, 6107 zu 1 verhält. Mehr hievon im Folgenden.

		Einfalls-Winkel	Zerstreuung.
Weißes Flintglas, dessen spezifische Schwere 3,29		1,600	180
Glas aus Mennige und Kiesel in dem Verhältnisse von	M 3 : F 1 —	1,028	709
	2 : 1 —	1,830	524
	1 : 1 —	1,787	482
	$\frac{3}{4}$: 1 —	1,732	325
	$\frac{1}{2}$: 1 —	1,724	265
	$\frac{1}{4}$: 1 —	1,664	200
Gemeine Glasplatten oder Kutschenglas dessen spezifische Schwere 2,76		1,573	165
Kronenglas, dessen spezifische Schwere 2,52		1,532	148
Gelbe Platten oder venetianisches Glas, dessen spezifische Schwere 2,52		1,532	
Brasilianischer Kiesel, dessen spezifische Schwere 2,62		1,532	159
Glas, zum emailliren, mit Gold roth gefärbt		1,715	290
Glas aus Saint Gobin in Frankreich		1,543	149
Ein Diamant	nach Newton	2,439	
	nach Rochon	2,755	286
Bergkrystall *)	—	1,561	121
	—	1,575	124
Isländischer Krystall	nach Newton	1,066	
		1,562	169
	nach Rochon *)	1,625	233
Ambra		1,556	

(Unter der brechenden Kraft versteht Newton diejenige Kraft, mit welcher das brechende Mittel den Strahl nach der Richtung des Einfallsloths anzieht und gleichförmig beschleunigt. A. d. Uebers.

*) Durchsichtige Mineralien dieser Art gewähren eine doppelte und oft eine vervielfältigte Strahlenbrechung, das heist, man sieht durch sie den Gegenstand doppelt, oder dreyfach u. s. w. und jede Brechung ist mit einer anderen Zerstreuung verbunden. Diese Wirkung ist sehr sichtbar bey dem Isländischen Krystall. Es giebt aber auch noch einige andere durchsichtige mineralische Körper, die auch eine doppelte, ja selbst eine vielfache Brechung geben.

	Einfalls-Winkel.	Zerstreuung.
Ein gelber unächter Topas	1,643	
Glas von Antimonium oder Spießglanz	1,889	
Alaun	1,458	
Borax	1,467	
Salpeter	1,524	
Kampher	1,500	
Arabisches Gummi	1,477	
Flüssigkeiten.		
Destillirtes Wasser	1,336	100
Regenwasser	1,336	
Brunnenwasser zwischen 1,336 und	1,337	
Wasser, mit gemeinem Salz gesättigt	1,375	122
Eine Solution von gemeinem Salze,		
Wasser 27, Salz 1	1,348	
Zucker-Solution, Wasser 27, Zucker 1	1,346	
Mineralalkali-Solution	1,352	
Ammoniaksalz-Solution	1,382	134
Pflanzenalkali- oder Kali-Solution	1,390	
Kalkwasser	1,334	
Schwefelsäure	1,426	
Salpetersäure	1,412	154
Destillirter Essig { Euler	1,344	
Rochon	1,335	
Hauksbee	1,372	
Ammoniak, oder ätzendes flüchtiges Alkali	1,349	
Hirschhorngeist	1,339	
Franzbranntewein	1,360	
Derselbe, aber von stärkerer Art	1,365	
Sehr rektifizirter Weingeist oder Alkohol	1,371	
Olivenöl	1,465	
Wachsöl	1,452	
Lavendelöl	1,469	
Zimmtöl	1,534	
Sassafrasöl	1,544	
Terpentinöl	1,482	
Terpentingeist	1,562	

		Einfalls-Winkel.
Ambraöl		1,501
Die kryſtalliniſche Feuchtigkeit eines Ochſenauges		1,463
Das Weiße eines Eyes	Euler	1,368
	Hauksbee	1,351
Der leere Raum *)		0,999

Folgende Bemerkungen über die vorſtehende Tabelle verdienen beachtet zu werden.

Ueberhaupt erſieht man aus derſelben, daß die dichteren Körper, alſo ſolche, die eine größere ſpezifiſche Schwere haben, das Licht ſtärker brechen oder beugen, als die minder dichten, jedoch mit der Ausnahme, (wie Newton ſagt, †) daß fettige und ſchwefligte Körper ſtärker brechen als andere eben ſo dichte.

Es giebt keine Subſtanz, die man in Anſehung der brechenden Kraft zwiſchen Luft und Regenwaſſer oder deſtillirtes Waſſer ordnen könnte. Die brechende Eigenſchaft des Diamanten iſt größer, als die irgend einer

*) Dieſe Art der Brechung der Luft wird durch die von den Aſtronomen beobachtete Brechung der Atmosphäre beſtimmt. Denn das Licht mag auch durch noch ſo viele, allmählig immer dichter und dichter werdende Mittel gehen, ſo wird die Summe aller der Brechungen der einzelnen Brechung gleich ſeyn, die es beym unmittelbaren Eindringen in das letzte Mittel aus dem erſten, würde erfahren haben. Die ganze Brechung des Lichtes bey ſeinem Durchgange durch die Atmosphäre muß alſo der Brechung gleich ſeyn, die es würde erlitten haben, wenn es mit der nemlichen ſchiefen Richtung aus einem leeren Raume unmittelbar in Luft übergegangen wäre, die mit derjenigen, die ſich in der unterſten Schicht der Atmosphäre befindet, einerley Grad der Dichtigkeit gehabt hätte. S. Newtons Optik B. 2. Th. 3. Prop. 10.

†) Newtons Optik B. 2. Th. 3. Prop. 10.

anderen bekannten Substanz. *) Geistige Liquoren haben im Verhältniß ihrer Stärke eine größere respektive Brechungskraft und Terpentingeist ist unter den Flüssigkeiten die am stärksten brechende.

Ich komme nun zur Untersuchung des farbigen Lichtes selbst, oder zur Untersuchung der verschiedenen Farben, in welche das weiße Licht, (dergleichen das Sonnenlicht, das Licht einer Kerze u. s. w. ist,) durch Brechung getheilt wird, und da diese Theilung, oder der Zerstreuungswinkel in einem gegebenen Mittel mit dem Einfallswinkel in Verhältniß steht, so wurde es, um die verschiedenen Farben u. s. w. mit größerer Genauigkeit untersuchen zu können, nothwendig, das Sonnenlicht durch ein Loch in ein dunkles Zimmer zu leiten und es mit einem großen Einfallswinkel auf ein brechendes Mittel fallen zu lassen, und man hat gefunden, daß gläserne Prismen zur Erreichung des vorgesetzten Zweckes die besten sind.

Fig. 3. Taf. XX. stellt ein dreyeckiges gläsernes Prisma, das heist ein Stück Glas vor, das zwey

*) Diese Eigenschaft brachte Newton auf die Vermuthung, daß der Diamant wohl, wie die Oele, Harze u. s. w. eine fettige Eigenschaft haben, also eine verbrennliche Substanz seyn möchte, welche seine Meinung auch wenige Jahre darauf wirklich durch Versuche bestätiget wurde. Man sehe dessen Optik B. 2. Th. 3. Prop. 10. — Aber auch schon vor Newton hat Boetius, wiewohl aus andern Gründen, das nemliche vermuthet. Er bemerkt nemlich, daß wässerige Substanzen sich an andere wässerige Substanzen, aber nicht an fettige Körper, und daß diese sich an andere fettige Körper anhängen, und setzt dann hinzu: „daß sich „selbst der Mastix, der doch feuriger Natur ist, leicht mit „dem Diamanten vereinigen läßt, ist ein Zeichen von der „Aehnlichkeit des Wesens beyder Körper und ein Beweis „davon, daß der Stoff des Diamanten feurig und schwefligt ist. Gemmarum et lapidum historia lib. II.

dreyeckige und parallele Grundflächen ABC und DFE und drey flache einander parallel gegenüberstehende Seiten hat. *) AD, CE, BF sind die Winkel des Prisma. Eine durch die Mittelpunkte der Basen gehende Linie heißt die Axe. Geht nun ein Lichtstrahl durch das Prisma, indem er auf der einen seiner Parallelseiten einfällt und an der anderen wieder hinausgeht, so wird der Winkel, den diese beyden Seiten machen, der brechende Winkel des Prisma genannt.

Bey AB, Fig. 4. Taf. XX. ist ein Theil eines Fensterladens abgebildet, durch welchen kein anderes Licht in das Zimmer dringen kann, als was durch das Loch C hineinfällt. Wird nun das Licht, von dem in dem gegenwärtigen Falle angenommen wird, daß es Sonnenlicht sey, in irgend einer Entfernung von dem Loche, etwa bey F, durch einen Schirm aufgefangen, so wird auf dem Schirm ein Bild von der Sonne, oder ein kreisförmiger leuchtender Fleck gebildet werden, der, hauptsächlich wegen des Durchmessers der Sonne, einen größeren Durchmesser als das Loch bey C hat, denn die Lichtstralen, die von den verschiedenen Punkten der Oberfläche der Sonne ausfahren und durch das Loch gehen, müssen sich an jener Stelle durchkreuzen und nun in dem Zimmer divergirend oder auseinanderfahrend, also in Kegelgestalt fortgehen.

*) Es giebt auch hohle Prismen, das heist solche, deren Seiten aus flachen Glasplatten bestehen Man kann sie mit verschiedenen Flüssigkeiten anfüllen, um die brechende Kraft dieser Flüssigkeiten zu bestimmen. Oft werden sie auch so gemacht, daß sich die Glasplatten zwischen zwey festen metallenen Basen bewegen, wodurch der Brechungswinkel des Prisma nach Willkühr kann verändert werden.

Man versieht auch die Basen der Prismen mit metallenen Hauben und Zapfen, wie bey AB Fig. 6. Taf. xx., um sie bequem um ihre Axen drehen zu können.

Man stelle ein gläsernes Prisma DOE so vor das Loch, daß das Licht in einer auf die Axe des Prisma senkrechten Richtung durch jenes fallen könne, so wird dieses Licht, indem es durch das Prisma geht, anstatt gerade von E zu F zu gehen, so gebogen und zerstreut werden, daß es auf einem Schirme, den man in einiger Entfernung von dem Prisma, aber unter der geraden Richtung CF, anbringen muß, ein Farbenbild GH macht. Der Winkel FES, den die gerade Richtung mit der mittleren Richtung des gebrochenen Lichtes dabey macht, wird der Abweichungswinkel genannt.

Das dem Auge höchst reizend erscheinende Farbenbild GH ist ohngefähr fünfmal so lang als es breit ist, und mit krummen oder halbkreisförmigen Linien begrenzt. Der oberste Theil G desselben ist von einer schönen rothen Farbe, die durch unmerkliche Schattirungen in eine orange, dann in eine gelbe, eine grüne, eine blaue, eine indigo und eine violette Farbe, welche letztere die nächste bey H, also dem untersten Theile des Farbenbildes ist, übergeht.

Man sieht also, daß dieses Farbenbild aus sieben verschiedenen Farben besteht. Allein ein unbefangener Zuschauer wird es schwer finden, die Zahl derselben zu bestimmen. Newton setzte sie auf sieben und betrachtete die Zwischenschattirungen als fremdartige Farben oder als Mischungen, aus einigen der sieben Farben bestehend. *) Nollet dargegen glaubte Gründe zu der Meinung zu haben, daß die orange, die grüne und die indigo Farbe, die drey einfachen oder ursprüngliche oder gleichartige Farben **) seyen. Einige haben fünf einfache oder

*) Man sehe seine Optik.

**) (Nemlich im Gegensatze der gemischten.) Man sehe Vollets Vorlesungen über die Physik Theil 5. S. 388. — D'Alemberts mathematische Schriften Th. 3. S. 393. Rochons Untersuchungen über die Natur des Lichtes der Fixsterne.

oder ursprüngliche Farben angenommen, und andere erkannten, da sie beobachteten, daß alle Arten von Farben augenscheinlich dadurch können hervorgebracht werden, daß roth, gelb und blau in den gehörigen Verhältnissen miteinander vermischt werden, auch nur diese als ursprüngliche, gleichartige oder einfache Farben an. Indessen begünstigen doch mehrere Erfahrungen und Beobachtungen, die in der Folge noch werden angeführt werden, vorzüglich Newton's Theorie.

Man hat es auf mehrerley Arten versucht, die Farben des Farbenbildes von einander unterschieden und unvermischt darzustellen, allein es ist dies bis jetzt noch nicht vollkommen gelungen. Auf die folgende Art scheint man der Erreichung dieser Absicht am nächsten kommen zu können.

Man lasse das Sonnenlicht durch ein ohngefähr ein Zehntheil eines Zolles großes Loch in ein finsteres Gemach fallen. In einer kleinen Entfernung, (zum Beyspiele, von sechs Zollen), von demselben, stelle man in das Zimmer einen Schirm, der mit einem ähnlichen Loche versehen ist, und lasse den mittelsten Theil jenes Lichtes durch dasselbe gehen, um dadurch so sehr als möglich das unbestimmte Licht, oder den Halbschatten an den Seiten des Farbenbildes zu entfernen. Jenes so erhaltene Licht lasse man nun in senkrechter Richtung auf eine, ohngefähr zehn Fuß weit von dem Schirm entfernte erhabene Linse fallen, so wird dadurch ein deutliches gut umschriebenes Bild von der Sonne, auf einem in gehöriger Entfernung von der Linse gestellten Schirm hervorgebracht werden; wird nun gleich hinter diese Linse ein Prisma gestellt, so daß das Lichtn achdem es durch jene gegangen auch durch das Prisma gehen und durch dasselbe gebrochen werden kann, so wird auf dem Schirme ein Farbenbild erzeugt werden. Man sehe Fig. 12 Taf. xx.

Die langen Seiten dieses Farbenbildes sind sehr gut begrenzt, oben und unten aber ist es kreisförmig abgerundet, und die ganze Länge desselben besteht aus kreisförmigen farbigten Bildern von der Sonne, die, besonders gegen die Mitte oder gegen die Axe des Farbenbildes, in einander treten; indessen sind doch die hervorstechendsten Farben auch mehr oder stärker, besonders an den Seiten des Farbenbildes von einander zu unterscheiden, so daß man die Grenzlinien derselben ziemlich genau bemerken kann *).

Bey Fig. 7 Taf. xx ist ein solches Farbenbild abgebildet und die Linien F M, b a, d c, f e, h g, k i, m l u. s. w. sind durch die Mittelpunkte der zu den sieben Hauptfarben gehörigen Hauptkreise gezogen. Die Räume, welche diese verschiedenen Farben einnehmen, sind nicht gleich. Wenn die Länge des Farbenbildes von I bis zu M in 360 gleiche Theile getheilt wird, so wird man finden, daß die rothe Farbe den Raum M F b a, dessen Länge M a, 45 solchen Theilen gleich ist, einnimmt; die Länge a c der Orangenfarbe a b d c, wird 27 solchen Theilen gleich seyn; die Länge c e der gelben Farbe 48; die der grünen und der blauen 60: die der Indigofarbe 40 und endlich die Länge l I der violetten Farbe l m n I, wird 80 jener Theile gleich seyn.

Es ist höchst merkwürdig, daß die Linie I M durch jene Abtheilungen a, c, e, g, i, l, I, fast völlig wie eine musikalische Saite eingetheilt wird. Wenn man annimmt, daß die Seite I M des Farbenbildes so hervorgebracht worden, daß M X = I M wird, so wird man finden

*) Soll die Absicht des Versuchs erreicht werden, so muß das Prisma und die Linse sehr gut seyn und so wenig Adern, Blasen, Risse u. s. w. haben, als möglich ist. Auch muß der Versuch nach allen seinen Theilen mit möglichster Genauigkeit gemacht werden, alles fremde Licht von dem Zimmer entfernt seyn u. s. w.

daß I X $\frac{8}{9}$ von I X; i X $\frac{5}{6}$ von I X; g X $\frac{3}{4}$, e X $\frac{2}{3}$, c X $\frac{3}{5}$, a X $\frac{9}{16}$ und M X $\frac{1}{2}$ von I X ist, so daß, wenn I X eine einer Violinsaite ähnliche musikalische Saite wäre und einen gewissen musikalischen Ton, zum Beyspiele, C ausdrückte, dann die Länge l X, D oder die Sekunde; i X Es oder die kleine Terz; g X, F oder die Quarte; e X G oder die Quinte; c X, A oder die große Sexte; a X, B, oder die kleine Septime und M X, C oder die Octave ausdrücken würde. Ich muß jedoch hiebey bemerken, daß man die Abtheilungen des Farbenbildes nicht sehr genau abgeschnitten erhalten kann, und daß, wenn man sie auch immer ganz bestimmt auf die angegebene Art, welches genau dieselbe ist, wie Newton sie angegeben, *) erhalten könnte, doch die Folge der diesen Abtheilungen entsprechenden Noten, keinesweges regelmäßig ist, da sich eine kleine Terz mit einer großen Sexte und einer kleinen Septime, in einer Octave schwerlich gut ausnehmen würde.

Es ist einleuchtend, daß das weiße Licht aus farbigen Strahlen, die eine verschiedene Brechbarkeit haben, besteht, indem der rothe am schwächsten und der violette am stärksten brechbar ist. †) Die folgenden Versuche werden diese Theorie erläutern und bestätigen.

*) S. dessen Optik B. 1. Th. 2. Versuch 7.

†) Es ist oben gesagt worden, daß sich der Einfallssinus zu dem Brechungssinus von Luft in Glas beynahe wie 3 zu 2 verhält; wenn man also die Proportion umkehrt, so verhält sich der Einfallssinus zu dem Brechungssinus von Glas in Luft, wie 2 zu 3. Wenn nun das Prisma Fig. 4 so um seine Axe gedreht wird, daß der Lichtstrahl C O senkrecht auf die Seite D O fallen kann, so wird dieser Strahl von C zu E nicht gebrochen werden; da er aber schief auf die Seite D E des Prisma fällt, so wird er, indem er aus dem Glase bey E in die Luft geht, gebrochen werden. Wenn nun der Sinus des Einfallswinkels des Strahles C O E auf die Sei-

Man lasse einen Lichtstrahl auf ein Prisma SVT, Fig. 5. Taf. XX., fallen, nachdem man in einiger Entfernung von demselben zwey Schirme oder Breter PQ, pq, die beyde ein kleines Loch X, x haben, aufgestellt und hinter dem Schirm pq ein zweytes Prisma svt, in der auf der Figur angegebenen Stellung angebracht hat, so wird das gebrochene Licht das gewöhnliche Farbenbild auf dem Schirme PQ darstellen. Wenn man nun, indem man das Prisma SVT langsam um seine Axe dreht, die Strahlen der verschiedenen Farben auf einander folgend durch die zwey Löcher X, x und durch das Prisma svt fallen läßt, so wird man auf der Wand oder dem Schirme Yy ein kreisförmiges Bild der Sonne erblicken, das seine Farbe in Gemäßheit des Strahles verändert, der es erzeugt, und das auf eben die Art auch seine Stelle verändert, so daß, wenn das Bild roth ist, die Stelle desselben, zum Beyspiele, bey Z, wenn es aber gelb ist, seine Stelle höher als Z und wenn es grün ist, dessen Stelle noch höher seyn wird, und so fort, denn die gelben Strahlen sind brechbarer, das heist: sie werden durch das Prisma stärker gebrochen als die rothen, die grünen werden stärker gebrochen als die gelben u. s. w.

Wenn das durch ein Prisma gebrochene und zerstreute Licht wieder auf einem anderen Prisma AB,

te DE 50 gleich war, so fand Newton den Brechungssinus für den rothen Strahl, oder den äußersten Theil EG des Farbenbildes 77, und den Brechungssinus für den violetten, oder äußersten Theil EH des Farbenbildes 78 gleich. Da er nun die Differenz zwischen 77 und 78 in dem nemlichen Verhältniß theilte, als das Farbenbild AGFM Fig. 7 getheilt ist, so erhielt er die folgenden Sinus für die Grenzlinien der sieben verschiedenen Farben, nemlich: 77, $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78; das heist, die Sinus der rothen Strahlen sind zwischen 77 und $77\frac{1}{8}$; die der orangen Strahlen sind zwischen $77\frac{1}{8}$ und $77\frac{1}{5}$ u. s. w.

Fig. 6., das in einer senkrechten Richtung auf jenes angebracht seyn muß, aufgefangen wird, so wird das durch das Farbenbild aus seiner ursprünglichen Lage MN verrückt und in die geneigte oder schiefe Lage ZY gebracht. Die Breite und die Farben desselben aber bleiben dabey unverändert. Wäre nun die Verlängerung des weißen Lichtstrahles und dessen Auflösung in verschiedene Farben eine blos durch das Prisma bewirkte Modification oder Abwandlung des Lichtes, so müßte das andere Prisma AB das Farbenbild in der Breite ausdehnen, so daß es die vierseitige breite Figur ZmYn bildete; anstatt dessen aber findet man, daß die Farben und die Breite derselben unverändert bleiben und daß das Farbenbild durch die brechende Kraft des Prisma blos aus seiner ursprünglichen Lage MN verrückt wird, wobey die violetten Strahlen am weitesten, nemlich von M bis zu Z verschoben werden, weil sie die brechbarsten sind, und dargegen die rothen Strahlen am wenigsten verrückt werden, nemlich von N bis zu Y, weil sie am wenigsten brechbar sind, und die anderen Strahlen zwischen diesen beyden Endstrahlen in der Ordnung kommen.

Wenn der gebrochene und zerstreute Sonnenlichtstrahl auf einem hohlen Reflektor, wie CD Fig. 8. Taf. xx. aufgefangen wird, so werden die verschieden gefärbten Strahlen in einen Brennpunkt A zurückgeworfen, wo sie ein weißes, farbenloses Bild der Sonne darstellen. Wird aber einer von den Strahlen dadurch, daß man einen Draht oder einen anderen dunkeln oder undurchsichtigen und zarten Körper zwischen das Prisma und den Reflektor, wie bey B, einschiebt, gehemmt, so wird das Bild A mit irgend einer gemischten Farbe gefärbt, zum Beweise, daß das weiße Licht aus gefärbten Strahlen besteht, die nach einem gewissen Verhältnisse durch einander gemischt sind, und daß es dadurch hers

vorgebracht wird, daß die Strahlen der sieben Hauptfarben in diesem gehörigen Verhältnisse durcheinander gemischt werden. Weiß entsteht also durch eine gewisse Mischung von Farben und schwarz entsteht von einer Hemmung oder der Einschluckung aller Farben. — Hinter dem Brennpunkte A werden die Farben wieder getrennt und das Bild erscheint farbig.

Wird, wenn man dadurch, daß man durch ein Prisma Licht auf einen Schirm hat fallen lassen, ein Farbenbild hervorgebracht hat, ein kleines Loch in den Schirm gemacht, so daß blos die Strahlen einer Farbe durchgehen können, so nimmt alles, was man in diesem gleichartigen Lichte sieht, diese besondere oder einzelne Farbe an. Wenn daher blos das rothe Licht durch das Loch gegangen ist, und man läßt es hinter dem Schirme auf Blut, oder Gras oder Milch u. s. w. fallen, so werden diese Körper alle roth erscheinen, nur daß das Blut noch stärker roth als Gras und Milch seyn wird. Hat man blos das blaue Licht durchfallen lassen, so werden jene drey Substanzen blau erscheinen und gleiche Bewandniß hat es auch in Ansehung der übrigen Farben.

Wird dieses gleichartige oder einfache Licht hinter dem Schirme auf einem anderen Prisma aufgefangen, so wird es durch dasselbe zwar gebrochen, das heist: gebogen, aber nicht zerstreut, so daß es auf dem Schirme einen kreisförmigen einfarbigen Fleck bildet.

Werden in den Fensterladen eines verfinsterten Zimmers zwey, ohngefähr einen Fuß von einander entfernte Löcher gemacht, und vor jedes derselben ein Prisma zur Auffangung des Lichtes gestellt, so werden dadurch zwey Farbenbilder auf dem Schirme gebildet, und dreht man die Prismen langsam um ihre Achsen, so kann man dadurch bewirken, daß beyde Farbenbilder auf einander fallen. — Läßt man auf diese Art die gelbe Farbe des

einen Farbenbildes auf die blaue des andern fallen, so wird die Vermischung dieser beyden Farben an dieser Stelle die grüne hervorbringen. Macht man dann genau an dieser Stelle ein Loch in den Schirm, so wird diese grüne Farbe durch dasselbe hinter den Schirm fallen und auf einem anderen hinter jenen zur Auffangung des Farbenstrahls gestellten Schirm, ein grünes kreisförmiges Bild hervorbringen. Bringt man nun genau hinter dem Loche des ersten Schirms den brechenden Winkel eines Prisma an, so wird dadurch das Bild auf dem zweyten Schirme, nicht nur von seiner Stelle verrückt, sondern es wird auch länglich und an dem einen Ende mit einem gelben Saum oder Rand, an dem anderen aber mit einem blauen erscheinen, weil dieser Fleck, oder dieses Bild, aus zwey ursprünglichen Farben, die eine verschiedene Brechbarkeit haben, besteht. Das nemliche gilt auch von jeder anderen, durch die Mischung zweyer ursprünglichen prismatischen Farben, entstandenen Farbe, denn jede Vermischung von zweyen dieser Farben, bildet eine Zwischenfarbe, oder sieht vielmehr wie eine solche aus; so bildet roth und gelb eine orange, blau und veilchenblau eine indigo Farbe u. s. w.

Wird eben dieser Versuch mit nur einer Farbe des Farbenbildes gemacht, das heist: läßt man durch ein in dem Schirme angebrachtes Loch nur eine einzelne prismatische Farbe, zum Beyspiele die grüne, gehen, so bekömmt das Bild davon die nemliche Farbe; es wird nemlich grün und kreisförmig. Bringt man nun ein Prisma hinter das Loch des ersten Schirms, so wird das grüne Bild zwar aus seiner Stelle gerückt, aber nicht verlängert und auch die Farbe desselben wird nicht verändert, weil dieses Bild nur aus einer gleichförmigen, ursprünglichen Farbe besteht *).

*) Newtons Optik B. 1. Th. 2. Prop. 4.

Dieses beweist, daß obgleich die grüne, oder jede andere prismatische Farbe aus zwey anderen Farben gebildet werden kann, doch jede dieser Farben in dem prismatischen Farbenbilde eine ursprüngliche gleichförmige (einfache) oder gleichartige Farbe ist.

Wenn man durch ein Prisma irgend einen Gegenstand betrachtet, so wird er, besonders wenn er weiß und gut erleuchtet ist, oben und unten mit Farben begrenzt erscheinen. Dies kömmt daher, daß die Farben des von dem Gegenstande kommenden Lichtes durch das Prisma gebrochen, und zwar nach den verschiedenen Graden ihrer Brechbarkeit, mehr oder weniger gebrochen werden; daher erscheint nicht nur das ganze Bild an einer von der wirklichen Richtung verschiedenen Stelle, sondern die indigoblaue und die veilchenblaue Farbe, werden auch weiter entfernt als die rothe, die orange u. s. w. Farbe. Wenn also, zum Beyspiele, ein Auge O, Fig. 9 Taf. XX durch das Prisma P auf ein Stück weißes Papier A B sieht, so erscheint dieses Papier, das man ohne Prisma weiß und an seiner wahren Stelle sehen würde, durch dasselbe angesehen, bis zu der Stelle C E erhoben und auch verlängert und oben und unten mit farbigen Säumen oder Rändern begrenzt; und zwar so, daß die indigoblaue und veilchenblaue Farbe oben, die rothe, orange und gelbe unten erscheint. Denn das Prisma bildet dadurch, daß es die verschiedenen Farben verschieden bricht, in der That sieben Bilder auf dem Papiere, von denen das veilchenblaue das höchste ist, auf welches dann die übrigen, nemlich das indigo, das blaue, das grüne, das gelbe, das orangengelbe und zuletzt das rothe folgen, weil die rothen Strahlen den geringsten Grad der Brechbarkeit haben. Nun ist es aber leicht einzusehen, daß alle diese Bilder gegen die Mitte g h i m, durch einander gemischt sind, und daß folglich das Papier daselbst auch weiß erscheinen müsse, und da

sie gegen i m und g h anfangen weniger gemischt zu seyn, so müssen auch an diesen Stellen die Farben anfangen zu erscheinen u. s. w.

Es ist nothwendig an dieser Stelle einer, die Zurückwerfung des Lichtes betreffenden Beobachtung zu erwähnen, die ich, vor der Entwickelung der Theorie von den verschiedenen Arten der Brechbarkeit farbiger Strahlen, nicht gut würde haben erklären können. Ich will zu dem Ende derselben eine nützliche praktische Methode den Gang eines Lichtstrahls durch ein Prisma, oder überhaupt durch jedes brechende Mittel zu verfolgen, voran gehen lassen.

Man lasse H I K, Fig. 10. Taf. xx. ein gläsernes Prisma vorstellen, dessen Winkel bey H 60° gleich ist, und A B einen durch eine enge Röhre A kommenden Lichtstrahl, der bey B auf die Seite des Prisma fällt. Dann ziehe man L B G senkrecht auf die Oberfläche des Prisma bey B, so ist A B L der Einfallswinkel, den man als 38° gleich annehmen muß. Darauf suche man in den trigonometrischen Tafeln den Sinus von 38°, welcher 61566 ist; dann sage man — weil sich der Sinus des Einfallswinkels zu dem der Brechung aus Luft in Glas wie 3 zu 2 verhält, *) wie sich 3 zu 2 verhält, so verhält sich 61566 zu einer vierten Proportionale,

*) Ich habe hier das Verhältniß von 3 zu 2 angenommen, um Brüche zu vermeiden; aber es ist klar, daß man auch jedes anderen Verhältnisses sich bedienen könne. Bey wirklichen Versuchen muß man das Verhältniß des Einfallssinus zu dem der Brechung für irgend eine besondere Substanz nach der S. 176 befindlichen Tafel nehmen. Und kömmt es auf Genauigkeit an, so muß das Verhältniß für irgend einen besonderen farbigen Lichtstrahl, von der zerstreuenden Eigenschaft der Substanz, von der die Rede ist, abgeleitet werden, welche aus der nemlichen Tafel und dem was S. 184 ist gesagt worden, gefunden werden kann.

nemlich zu 41044, welche der Sinus von 24°, 14' ist, wie nach jenen Tafeln erhellet. Man mache also den Winkel G B C, 24°, 14' gleich und B C ist der Lauf des durch das Prisma gebrochenen Lichtstrahles. Man verlängere hierauf B C, bis es mit der Seite des Prisma bey C zusammentrifft, und ziehe durch C die Senkrechte F C E auf die Oberfläche des Prisma, dann ist F C B der Einfallswinkel auf dieser Oberfläche, von dem man (da der Winkel bey H 60° gleich ist,) durch Messung finden wird, daß er 35°, 46' gleich ist, und sein, in der Tafel gefundener Sinus, ist 58449. Da sich nun der Sinus des Einfallswinkels zu dem der Brechung von Luft in Glas wie 3 zu 2 verhält, so verhält er sich also von Glas in Luft, wie 2 zu 3; man muß also sagen: wie sich 2 zu 3 verhält, so verhält sich der Sinus von F C B, nemlich 58449 zu einer vierten Proportionale, nemlich zu 87673, welches nach der Tafel der Sinus von 61°, 15' ist. Macht man also den Winkel E C D von 61°, 15', so wird C D der mittlere Lauf des Lichtstrahls seyn, nachdem er durch das Prisma gegangen ist.

Diese Methode läßt sich offenbar auf gläserne oder andere durchsichtige Mittel von jeder gegebenen Gestalt, anwenden.

Die Erscheinung selbst nun, die Zurückwerfung des Lichtes betreffend, die ich zu erklären versprochen habe, ist die, daß wenn Lichtstrahlen durch ein Mittel fortgehen, das von einem dünneren oder besser: weniger brechenden Mittel umgeben wird, und das auf die Oberfläche bey einem großen Einfallswinkel oder bey einem stark auf dieselbe geneigten Winkel, stößt, dann diese Lichtstrahlen nicht in das dünnere Mittel eindringen, sondern von der Oberfläche des dichteren Mittels zurückgeworfen werden, wobey man findet, daß die Strahlen, die am stärksten können gebrochen werden, nemlich die violetten, und Indigo-Strahlen u. s. w. auch am stärk-

sten zurückgeworfen werden, und so auch umgekehrt. Die folgende Erläuterung wird den Sinn und den Grund dieser Behauptung zeigen.

Man lasse einen von einem Loche bey A, Fig. II. Taf. XX. kommenden Lichtstrahl, senkrecht, oder doch beynahe so, auf die Seite E D eines gläsernen Prisma fallen, der in diesem Falle nicht wird gebrochen werden, sondern gerade in das Glas fortgehen und auf die Oberfläche oder die Grenze G D zwischen dem gläsernen Prisma und der Luft fallen wird. Wenn nun der Neigungswinkel B C D kleiner als ohngefähr 49°, oder welches auf eins hinauskömmt, wenn der Einfallswinkel O C B gröſser als ohngefähr 41° seyn sollte, so wird der Lichtstrahl A B C, anstatt bey C aus dem Prisma in die Luft zu gehen, gegen C F zurückgeworfen werden. Man nehme, zum Beyspiele, an, daß der Einfallswinkel B C O, 56° sey, so ist der Sinus desselben 82920: man saget dann: wie sich 2 zu 3 verhält, so verhält sich 82920 zu einer vierten Proportionale, nemlich zu: 124380, welches mehr ist als der Halbmesser oder Sinus eines rechten Winkels; der Brechungswinkel P C H muß also gröſser seyn als ein rechter Winkel, das heist: der Lichtstrahl kann nicht aus der Oberfläche G D kommen, sondern muß gegen F zurückgeworfen werden, welches allemal der Fall ist, wenn der Sinus des Einfallswinkels gröſser ist als der Halbmesser.

Wenn man das Prisma langsam um seine Achse dreht, wird man, weil der Winkel B C O kleiner als 41° ist, finden, daß alles Licht bey C aus dem Prisma herausgehen wird. Macht man aber jenen Winkel immer gröſser, so wird man finden, daß die violetten Strahlen anfangen werden, zuerst zurückgeworfen zu werden, indeß die andern noch durchgehen; nach ihnen werden die Indigo-Strahlen zurück geworfen werden u. s. f. bis endlich die rothen zu allerletzt zurückgeworfen wer-

den, weil das Verhältniß des Sinus des Einfalls-Winkels zu dem des Brechungswinkels am größten für die violetten Strahlen und am kleinsten für die rothen ist.

Daß die verschiedenen durchsichtigen Mittel auch verschiedene brechende und verschiedene zerstreuende Kräfte haben, welches beym ersten Anblick als eine große Unvollkommenheit und besonders als ein großes Hinderniß der Verbesserung der angewandten Optik könnte betrachtet werden, hat im Gegentheile die Mittel zur grossen Verbesserung mehrerer optischer Instrumente an die Hand gegeben. Die unmittelbare Anwendung der Grundsätze auf die Zusammensetzung oder Verfertigung dieser Instrumente wird in einem der folgenden Kapitel auseinander gesetzt werden, da ich in dem gegenwärtigen noch die Grundsätze zu erklären versuchen will, auf denen jene Anwendung beruht.

Der Hauptnutzen der meisten optischen Instrumente besteht darinn, daß sie die Gegenstände dem Auge deutlicher darstellen, als es dieselben ohne sie erkennen kann, und diese Absicht wird überhaupt dadurch erreicht, daß die Lichtstrahlen gebogen, also gebrochen werden, so daß von denen, die von einem gegebenen Gegenstande ausgehen, eine größere Anzahl in das Auge eindringen und auch einen größeren Gesichtswinkel bilden können. Durch die Biegung oder Brechung aber, wird das Licht in farbige Strahlen gesondert, es müssen also auch alle Gegenstände, die man durch ein gebrochenes Licht sieht, eine andere von ihrer eigentlichen Farbe verschiedene Farbe bekommen und verschieden und unregelmäßig gefärbt erscheinen. Indessen ist doch, wenn das Licht nicht stark gebrochen wird, die Strahlenzerstreuung oder Trennung so unbedeutend, daß sie das Auge nicht achtet, oder doch ohne Unbequemlichkeit erträgt. Wird aber das Licht stark gebrochen, so wird die Strahlenzerstreuung unangenehm und für das Auge beleidigend.

Die Beobachtung der verschiedenen brechenden und zerstreuenden Kräfte durchsichtiger Mittel und besonders des Kronen- und Flintglases, hat die Erfindung einer Methode erleichtert, durch welche verhütet werden kann, daß die Strahlen, wenn sie abgebogen oder gebrochen werden, nicht auch zugleich zerstreut werden. Die folgenden Paragraphen werden zeigen, wie diese Wirkung durch eine Verbindung brechender Mittel kann hervorgebracht werden.

Ich ersuche dabey meine Leser sich vorher folgender Punkte zu erinnern: 1, daß verschiedene brechende Mittel, verschiedene brechende Kräfte haben; 2, daß sie auch verschiedene zerstreuende Kräfte haben; 3, daß von einem und demselben Mittel der Zerstreuungswinkel gröser oder kleiner wird, je nachdem der Brechungswinkel vergrößert oder verkleinert wird.

Man lasse A B C, Fig. 13 Taf. XX ein Prisma von Kronenglas seyn, und D E einen darauf fallenden Lichtstrahl, der, indem er durch das Prisma geht, in den gefärbten Strahlenkegel F G I zerstreut wird. Wird nun ein anderes, dem vorigen in jeder Rücksicht gleiches Prisma, nahe an dasselbe, aber in einer entgegengesetzten Stellung, nemlich so wie durch die schattirte oder punktirte Abbildung B K C angezeigt wird, gehalten, so wird durch dieses zweyte Prisma, die Wirkung des ersteren wieder aufgehoben, das heißt, die durch dieses getrennten und abgebeugten Strahlen, werden durch das zweyte Prisma gesammelt und wieder nach der entgegengesetzten Richtung gebogen, so daß der Lichtstrahl aus dem zweyten Prisma, in einer mit D E parallelen Richtung, und ohne eine Veränderung der Farbe zu erfahren, herausfallen wird. Hat aber das zweyte Prisma eine verschiedene brechende und eine verschiedene zerstreuende Kraft, so wird, ohngeachtet sich die Prismen in Ansehung der Gestalt gleich sind, der Lichtstrahl, nach-

dem er durch beyde gegangen, so wohl abgebogen- als auch gefärbt wieder herausfallen, weil das zweyte Prisma der Wirkung des ersteren nicht genau und vollkommen entgegen wirken kann.

Wenn man nun den brechenden Winkel des zweyten Prisma verändert, indem man ihn nemlich kleiner oder größer macht, so kann folglich auch der Brechungs- und der Zerstreuungswinkel vergrößert oder verkleinert werden. Wird die Größe der Zerstreuung bey dem zweyten Prisma, dem Zerstreuungswinkel des ersteren gleich gemacht, so wird der Lichtstrahl durchfallen, ohne eine Veränderung der Farbe zu erfahren, aber seine Richtung wird sich um eben so viel gegen seine ursprüngliche Richtung D E neigen, als die Brechung des einen Prisma die Brechung des andern übertrifft., Und diese Art der Brechung heist die achromatische Brechung *).

Wird, im Gegentheile, die Brechung des einen Prisma der des andern gleich gemacht, so fällt der Strahl mit seiner mittleren Richtung parallel mit D E heraus, aber er ist um eben so sehr gefärbt oder getrennt, als die zerstreuende Kraft des einen Prisma die des andern an Stärke übertrifft.

Der aufmerksame Leser, sieht es leicht von selbst ein, daß jede der obenerwähnten Wirkungen auch durch eine Combination dreyer oder mehrerer Prismen kann hervorgebracht werden *).

*) Achromatisch heist: farbenlos, nicht färbend. Es giebt ein achromatisches Telescop, das heist: ein solches, welches die natürlichen Farben der durch dasselbe gesehenen Gegenstände nicht verändert, da andere Telescope oder Fernröhre mit Gläsern, gewöhnlich die prismatischen Farben, besonders an der Grenze des Gesichtsfeldes erzeugen. T.

*) Wenn von einem Sonnenstrahle, der bey seinem Durchgange durch ein Prisma von Kronenglas, dessen brechender

Vielleicht erwarten meine Leser, nach dieser Erklärung der vorzüglichsten Eigenschaften der regelmäßig brechenden Mittel, auch noch eine Erwähnung solcher Substanzen, die eine doppelte oder vielfach brechende Kraft haben, wie dies vorzüglich bey dem isländischen Krystall der Fall ist, allein, die noch zweydeutige Natur dieser Substanzen, die Unbekanntschaft mit der Ursache ihrer Wirkungen, und die Betrachtung, daß man nur selten Gebrauch von ihnen macht, das alles hat mich bewogen, den Raum zu nützlicheren Zwecken anzuwenden und den forschbegierigen Leser auf die Werke anderer Schriftsteller zu verweisen *).

Winkel 30° ist, gebrochen wird, der Strahl der mittleren Brechbarkeit in einer gleichen Entfernung von der Spitze des Prisma durchgeht, oder eindringt und herausfällt, so wird der Zerstreuungswinkel ohngefähr 39^1 seyn.

Wenn ein Prisma von Flintglas, dessen brechender Winkel 23°, 40^1 ist, in umgekehrter Stellung, wie Fig. 14 Taf. XX, an ein Prisma von Kronenglas, dessen brechender Winkel 25° ist, angefügt wird, so wird ein Sonnenstrahl bey A mit seiner mittleren Richtung DE parallel herausfallen; er wird also gerade durchgehen, aber er wird farbig oder zerstreut werden.

Verbindet man aber mit diesen beyden Prismen noch ein drittes von Kronenglas, dessen brechender Winkel, wie Fig. 15 Taf. XX, 10° ist, so wird der ausfallende Sonnenstrahl ohngefähr um 5°, 37^1 von dem Gange seines einfallenden Theils DE abweichen, aber seine Farbe wird nicht verändert werden, er wird nemlich eben so weiß seyn, als er war, ehe er in die verbundenen Prismen fiel.

*) Man sehe Priestley's Optik. (Uebersetzt von Klügel.) — Priestley sagt, daß Martin an Prismen von diesem Krystall nicht blos eine doppelte, sondern eine vielfache, oft sechsfache Brechung beobachtete. Durch Zusammenfügung zweyer Prismen, deren jedes eine sechsfache Brechung hatte, wurden 36 gefärbte Sonnenbilder hervorgebracht. T.

In Ansehung der einzelnen prismatischen Farben ist noch zu bemerken, daß einige von ihnen das Auge stärker angreifen als andere, oder mit anderen Worten, daß man überhaupt die Gegenstände in einigen derselben besser als in anderen sehen kann. Allein es ist ohne eine beträchtliche Menge genauer Beobachtungen nicht möglich genau zu bestimmen, in welcher Ordnung sie in Ansehung ihrer besonderen erleuchtenden Kraft auf einander folgen.

Will man eine einzelne prismatische Farbe untersuchen, so muß sie von dem Sonnenfarbenbilde geschieden werden, welches man dadurch bewirkt, daß man sie durch ein in dem Schirme, auf welchem das Farbenbild durch das Prisma hervorgebracht wird, befindliches Loch fallen läßt und Gegenstände in diesem einfachen oder gleichartigen Lichte hinter dem Schirme betrachtet, und sie dann wieder in einem anderen einfachen oder gleichartigen Lichte ansieht, und so fort.

Doktor Herschel, von dem die neuesten Versuche über diesen Gegenstand sind, drückt sich, nach dem er diese Versuche selbst mitgetheilt hat, wie folget, darüber aus.

„Nach diesen Beobachtungen über die leuchtende „Kraft einer jeden Farbe, die ungemein gut miteinander übereinstimmen, muß man schließen, daß die rothfärbenden Strahlen weit davon entfernt sind, sie in „einem vorzüglichen Grade zu besitzen. Die Orangenfarbe besitzt mehr von ihr als die rothe und die gelben „Strahlen erleuchten die Gegenstände noch vollkommner. „Das Maximum der Erleuchtung, liegt in dem glänzendsten oder hellesten Gelb, oder dem blassesten Grün. „Der grüne Strahl selbst, hat beynahe eben so viel „Glanz als der gelbe; von dem völligen Dunkelgrün „an aber, nimmt die erleuchtende Kraft sehr merklich „ab. Die des blauen Strahles, kömmt beynahe der „des rothen gleich; die des Indigo ist viel geringer als

„die des blauen, und die des violetten ist sehr „schwach.

Ich schließe dieses Kapitel von der Strahlenbrechung, mit der Bemerkung, daß man nicht nur durch die Anwendung der Prismen allein, sondern auch noch auf andere Arten, die brechenden Kräfte durchsichtiger Mittel, zum Beyspiele dadurch: daß man die Brennpunkts-Entfernungen der Linsen mißt, wenn sie die Strahlen verschiedener Farben nach einander durchlassen oder auch dadurch, daß man noch andere Instrumente mit den Prismen verbindet u. s. w. bestimmen kann *).

Viertes Kapitel.

Von der Beugung des Lichtes; von den Farben dünner durchsichtiger Körper und von den Farben überhaupt.

Wenn Licht in einer gewissen Entfernung von der Oberfläche von Körpern hingeht, so wird es so gebogen, daß dadurch an einer solchen Stelle sichtbar ein geradlinigter Winkel von ihm gebildet wird. **) Wenn man daher das Sonnenlicht durch ein in einen Fensterladen gemachtes kleines Loch in ein verfinstertes Zimmer, auf

*) Man sehe die Beschreibung dieser Bestimmungsarten in Priestley's Optik Period. 5 Sekt. 8 Kap. 2. — In Martins Optik; auch Rochon's Sammlung der Abhandlungen über Mechanik und Physik. Abhandlung über das Maß der Zerstreuung und der Brechung u. s. w.

**) Die Beugung des Lichtes ist also: die Abweichung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinigten Wege, wenn sie nahe an der Oberfläche eines Körpers vorbeygehen. T.

einen darinnen aufgestellten Schirm fallen läßt, so wird man finden, daß das auf demselben dadurch bewirkte Bild der Sonne, oder der weiße Fleck, größer ist, als er seyn könnte, wenn von den verschiedenen Punkten der Sonnenoberfläche aus geradlinigte Strahlen durch das Loch auf den Schirm gefallen wären. Man sieht also daraus, daß sie bey dem Loche sind gebogen worden, weil sonst das Bild kleiner seyn würde, als es sich bei dem Versuche zeiget.

Wenn ein fester undurchsichtiger Körper, dergleichen ein Haar, ein dünnes Draht u. s. w. ist, in den Lichtstrohm in dem Zimmer gehalten wird, so wird der Schatten dieses Körpers ganz anders seyn, als er seyn würde, wenn die Lichtstrahlen bey ihrem Vorübergange bey demselben, nicht wären gebogen worden. Dieses Abweichen der Lichtstrahlen, welches erfolgt, wenn sie der Oberfläche eines Körpers nahe kommen, nicht aber bey ihrem Durchgange durch denselben, nennt man die Beugung des Lichtes, auch Inflexion oder Diffraction des Lichtes.

Da die, diesen Gegenstand betreffenden Erscheinungen nicht auf einen allgemeinen Grundsatz schienen zurückgebracht werden zu können, so hat sie Newton mannichfaltig veränderten Versuchen unterworfen und untersucht; allein die Beobachtungen desselben sind nicht ganz richtig und auch seine Hypothese zur Erklärung derselben, ist nicht sehr wahrscheinlich.

Nach neueren Versuchen und Beobachtungen scheinen allerdings die Phänomene der Beugung auf einen einzigen Grundsatz zurückgebracht werden zu können, nemlich auf den Grundsatz der Anziehung, welche Körper gegen das Licht haben, welche Anziehung dann deutlich zu erkennen ist, wenn Lichtstrahlen in einer gewissen Entfernung von den Oberflächen derselben hingehen. Die Lichtstrahlen werden aber durch die Nähe von Kör-

pern nicht blos abgebeugt, sondern auch in Farben getrennt oder gesondert, wodurch das sonderbare Phänomen hervorgebracht wird, daß die Beugungen von farbigen Säumen begleitet sind. Ehe ich aber die Anwendung der Hypothese selbst zeige, halte ich es für zweckmäßig, die hauptsächlichsten Phänomene zu beschreiben, die man bey der Beugung des Lichtes wahrnimmt, und ich werde dabey die Versuche eines neueren anonymen Schriftstellers zum Grunde legen, weil sie mit Einsicht und Genauigkeit von ihm sind angestellt worden *).

„Man lasse X. Fig. 16 Taf. XX das ohngefähr den funfzigsten Theil eines Zolles große Loch seyn, durch welches das Licht in ein verfinstertes Gemach fällt und X A, X B, Linien, die von den beyden Seiten des äusseren Randes der Sonnenscheibe aus, jede nach der entgegengesetzten Seite des Loches zu und so gegen einander gezogen werden, daß sie sich durchkreuzen; so wird X C D den Lichtstrahl, nach seinem Durchgange durch das Loch, in allen Entfernungen davon beträchtlich größer darstellen, als den kegelförmigen Halbschatten E A B.

„Sieben Fuß von dem Loche entfernt, betrug die Breite des Strahles $\frac{48}{50}$ eines Zolles. Wäre aber das Licht nicht abgebogen worden, so würde diese Breite nicht über $\frac{37}{50}$ haben betragen können. Man muß also daraus schließen, daß das Licht von den Seiten des Loches sey angezogen, und dadurch abgebogen worden, so daß es folglich bey seinem weiteren Fortgange divergirender oder mehr auseinanderfahrend hat werden müssen, als es sonst würde geworden seyn.

„Bey einem einen Zoll und mehr weitem Loche, war der mittlere Theil des Strahles aus dem dichten geraden Sonnenlichte zusammengesetzt und hatte bey sei-

*) Beobachtungen über die Lichtbeugungen u. s. w. London 1799.

nem Durchgange keine Veränderung erlitten. In einer weiteren Entfernung davon aber, und gegen die untersten Säume das Strahles zu, fieng die Dichtigkeit dieses Lichtes an abzunehmen und that dies allmählig immer mehr, je mehr es sich den Endsäumen näherte, bis es endlich beträchtlich geschwächt wurde und sich dem Verschwinden näherte, so daß man die äußersten Theile des Strahles nur noch undeutlich und nicht scharf umschrieben mehr erkennen konnte."

„Bey einem kleineren Loche, als das zuletzt erwähnte war, verschwand das dichte Zentrallicht ganz und bey einem noch kleineren Loche, wurden die äußersten Ränder des Strahles dichter und besser umschrieben oder bestimmter dargestellt, und der ganze Lichtstrahl bekam in allen seinen Theilen in Ansehung der Dichtigkeit eine größere Gleichförmigkeit. Bey einem Loche, das kleiner als alle die vorigen und ohngefähr $\frac{1}{100}$ eines Zolles weit war, kamen in dem Strahle verschiedene Farben zum Vorscheine und dargegen wurden nun die mittleren Theile desselben dünner oder schwächer als die übrigen, und die äußeren Theile wurden dichter als jene und an dem äußersten Ende oder Rande des Strahles mit Schattirungen eines gelben und rothen Lichtes begrenzt."

„Alle diese Erscheinungen sind der Anziehung der Ränder der Löcher und den verschiedenen Theilen dieser Ränder zuzuschreiben. Ist das Loch groß, so wirken diese Ränder blos auf diejenigen Theile des Lichtes, die am nächsten bey ihnen durchgehen; wird das Loch verkleinert, so ziehen sie das ganze durchgehende Licht an, und breiten es mehr auseinander; wird das Loch noch um ein beträchtliches kleiner gemacht, so wirken die Ränder desselben allen ihren Theilen nach, nicht nur auf das zunächst an ihnen durchgehende Licht, sondern jeder ihrer Theile wirkt auch zugleich auf dasjenige, das zunächst an dem ihm gegenüberliegenden Theile des Randes

durchgeht, wodurch das Licht verdichtet wird, weil die Anziehung und Ausbreitung desselben an den Rändern des Strahles vermindert wird, so daß es nun gleichförmiger auseinanderfährt, und wird endlich das Loch bis aufs äußerste, nemlich so sehr verkleinert, daß es nur ohngefähr $\frac{1}{100}$ eines Zolles beträgt, so bringen die Ränder desselben durch ihre verschiedenen Wirkungen in dem durchgehenden Lichte Farben hervor."

„Ich habe beobachtet, daß in dem Lichte eines Sonnenstrahls, der durch ein Loch von $\frac{1}{15}$ Zoll Weite fiel, die Schatten sehr dünner Körper, dergleichen Nähnadeln, Stecknadeln, Stroh, Haare u. s. w. sind, beträchtlich breiter als die Körper selbst wurden, und zwar beträchtlich breiter als sie in diesem divergirenden Lichte eigentlich hätten seyn sollen. Da aber jeder dieser Körper auf das bey ihm vorübergehende Licht eine eben so starke Anziehung äußert, als diejenige ist, durch welche das Licht bey seinem Durchgange durch das Loch gebogen wird, so schloß ich daraus, daß ein Theil des Lichtes in jedem Falle, bey seinem Vorbeygehen vor dem Körper, gegen denselben in den Schatten hineingebogen wird und ihn erleuchtet und die Breite desselben vermindert."

„Als ich ein Menschenhaar queer durch das Licht eines Sonnenstrahls hielt, den ich, durch ein, in einem dünnen Stück Bley angebrachtes kleines Loch, das beynahe die Weite von $\frac{1}{50}$ Zoll hatte, in ein dunkles Zimmer und hier auf einen in gehöriger Entfernung und in einer dem Zwecke entsprechenden schiefen Richtung, gestellten Schirm von weißem Papiere fallen ließ, bemerkte ich folgende Erscheinungen."

„An dem Ende einer Erscheinung, die man als einen Schatten betrachten und auch mit diesem Namen belegen kann und dessen Dichtigkeit und Dunkelheit nicht beträchtlich war, zeigten sich die folgenden Farben-Ordnungen und Unterscheidungen. Zuerst und zunächst an

den dunklen oder schwarzen Theilen des Schattens konnte man ein mattes Blau sehen, das in einen weißen Lichtstreifen übergieng, dem gelbe und rothe Streifen folgten. Auf diese folgte ein Zwischenraum, den ein verdünnter Schatten machte, und nach diesem kamen matt oder blaß violette, blaue, mattgrüne, gelbe und rothe Streifen; dann wieder grüne, mattgelbe, rothe; dann mattgrüne, rothe; weiße, mattrothe und endlich folgte weißes Licht. Dies sind die gewöhnlicheren Ordnungen, in welchen die Farben aufeinander folgen. Die drey ersteren dieser Reihen waren sehr bemerkbar und deutlich, die letzteren aber waren nicht sehr merklich und es mußten alle Umstände gut zusammentreffen, wenn sie entstehen sollten, so wie man alle Aufmerksamkeit anwenden mußte, wenn man sie bemerken wollte."

„Wenn man das Haar nur von einer sehr geringen Entfernung von demselben aus und ehe der erste glänzende Lichtstreif anfieng zu erscheinen, sah, so war der Schatten desselben deutlich und gut umschrieben oder begrenzt und sehr dunkel. In einer größeren Entfernung gesehen, erschien er seiner ganzen Länge nach, durch eine parallele Lichtlinie in zwey Theile getheilt und schien ein doppelter Schatten und als von zwey Haaren hervorgebracht zu seyn; dabey aber war er keinesweges so dunkel, als er näher bey dem Haare gesehen war, wo nur ein ungetheilter Schatten sichtbar war. In noch weiteren Entfernungen nahm er an Breite zu, aber an Dunkelheit ab, indes die Queerdimensionen der theilenden Lichtlinie zu gleicher Zeit zunahmen, bis endlich in einer beträchtlichen Entfernung von dem Haare, an den Rändern dieses Zwischenstreifs oder dieser Lichtlinie Farben zu erscheinen anfiengen, und sie an ihren beyden äußeren Seiten, Striche eines gelblichen und röthlichten Lichtes bekam. In einer noch weiteren Entfernung wurde dieser merkliche Schatten, diese dunklen Zwischenräu-

me lichter und beynahe durchaus von einerley Farbe, die Lichtlinie wurde immer mehr ausgebreitet und verschwand endlich ganz, wegen ihrer zu großen Ausbreitung und weil man endlich das Licht, das sie hervorbrachte, nicht mehr sehen konnte."

„Während in allen diesen verschiedenen Entfernungen die beschriebenen Veränderungen mit dem Schatten und dem Lichte zunächst an dem Körper erfolgen, bemerkt man auch in den anderen, an die ersteren grenzenden Lichttheilen beträchtliche Veränderungen."

„Der zuerst und nahe an dem Haare erscheinende Schatten, ist ein vollkommner und wahrer Schatten, da er dadurch entsteht, daß das Haar das durchgehende Licht auffängt."

„Dieser Schatten aber hört bald auf merklich zu bleiben, da die ihm nächsten Lichtstrahlen an beyden Seiten des Haares in beträchtlichen Beugungs- und Zerstreuungs-Winkeln in ihn hineingebogen werden, ihn durchkreuzen, erleuchten und verschwinden machen."

„Die Lichtstrahlen werden nicht nur gebogen, sondern sie werden auch in verschiedene Strahlen von verschiedenen Farben, und zwar in Zerstreuungswinkeln, welche um eben so viel größer sind, als die Entfernungen kleiner sind, und kleiner als die Entfernungen größer sind, und auf eine solche Art ausgebreitet oder getheilt, daß von verschiedenen Farben in einerley Entfernung die purpurfarbenen, blauen, grünen, gelben und rothen gegen den Körper gebeugt werden, wobey die purpurfarbnen am stärksten und jede der anderen nach ihrer Folge weniger und die rothen, weil sie am entferntesten sind, am wenigsten gebogen werden, und eben so werden von den Farben der nemlichen Art in verschiedenen Entfernungen die näheren stärker als die entfernteren und die entfernteren weniger als die näheren gebogen. Die Beugungen verschiedener Farben sind indessen in verschie-

denen Entfernungen so verschieden, daß bey gewissen einzelnen Lichttheilen, wenn sie aus verschiedenen Entfernungen beobachtet werden, die in jedem derselben enthaltenen entfernten und näheren Strahlen von verschiedenen Farben, bunt durcheinander gemischt werden, so daß dadurch jeder dieser Lichttheile zu einer einem Theile nach gefärbten Borte wird, indem die Strahlen der verschiedenen Lichttheile, sich nicht mit denen anderer vermischen, so daß die Zwischenräume zwischen den Theilen bleiben, ihre Dunkelheit behalten und die Borten von einander trennen.*)

Ich habe die vorstehenden Stellen der genannten Abhandlung hauptsächlich in der Absicht mitgetheilt, um dem Leser durch einige leichte und deutliche Versuche einen Begriff von der Beugung des Lichtes zu geben. Ich muß aber auch dabey erinnern, daß dies nicht alle bey der Beugung des Lichtes vorkommende Erscheinungen sind, und daß jene Erklärung nicht ganz neu ist und sich auch nicht auf alle ohne Unterschied anwenden läßt. Außer Newton haben auch Maraldi, Grimaldi, Delisle, Mairan, DuTour, Muschenbroek und noch andere Versuche, über die Beugung des Lichtes angestellt, die der Leser in Priestleys Geschichte des Gesichtes, des Lichtes und der Farben, (oder in der Optik desselben) finden kann.

Dünne Platten durchsichtiger Körper stellen oft, besonders wenn sie nicht gleichförmig dick sind, die prismatischen Hauptfarben, das heißt diejenigen, die man durch das Brechen des Lichtes vermittelst eines Prisma erhält, entweder in Ringen oder in Gürteln, oder vermischt dar.

Es lassen sich bey weitem nicht alle Erscheinungen, die man in Ansehung dieser Farben beobachtet hat, durch

*) Theil 6, Abschnitt 6.

bekannte und bestimmte Gesetze erklären; wer also die Natur derselben näher zu untersuchen oder neue Fakta zu entdecken wünscht, der muß alle Beobachtungen einzeln und in gehörige Betrachtung nehmen. Uns genügt es indessen, an folgender summarischen Nachricht von denselben.

Die Farben, die man auf Blasen von unreinem Wasser und besonders von einer Seifenauflösung sieht, sind von dieser Art. Diese Blasen sind dünne Bläschen oder Häutchen der Auflösung und die Stärke derselben ist immer veränderlich und abwechselnd.

Wenn zwey ebene Gläser, oder auch ein etwas erhabenes und ein ebenes oder flaches sanft gegen einander gedrückt werden, so werden oft an den Berührungspunkten farbige Ringe sichtbar. Man hat geglaubt, daß diese Ringe von dem Lufthäutchen, das zwischen den Gläsern bleibt und von verschiedener Dicke ist, hervorgebracht würden, allein diese Farben zeigen sich auch dann, wenn man die Gläser unter den luftleeren Rezipienten einer Luftpumpe bringt.

Auch Metallplatten, Gläser u. s. w. die man ein wenig mit irgend einer Flüssigkeit angefeuchtet hat, zeigen oft dergleichen Farben, und dünne Platten von Talk oder russischem Glas thun es auch.

Newton hat die Ursache dieser Erscheinungen in gewissen Dispositionen oder Neigungen der Lichtstrahlen gesucht, die er Anwandlungen oder Anfälle einer leichten Durchlassung und einer leichten Zurückwerfung nennt — welches aber eine sonderbare Hypothese ist. Andere haben sie blos der Brechung oder der Zurückwerfung zugeschrieben; der Herzog von Chaulnes nahm die Beugung der Strahlen als die Ursache einiger dieser Wirkungen an und ein neuerer anos-

nymer Schriftsteller ist ihm beygetreten und hat diese Idee noch mehr erweitert. *)

Um meinen Lesern eine genügende Vorstellung von diesen Versuchen zu geben, will ich einige der merkwürdigsten Erfahrungen hier beyfügen.

Newton nahm die Objektivgläser zweyer Fernröhre, von welchen das eine plankonvex war und zu einem vierzehnfüßigen Telescop gehörte und das andere konvexkonvex zu einem Fernrohr von ohngefähr funfzig Fuß gehörend, legte das letztere auf die flache Seite des ersteren und drückte sie gelinde gegen einander. Dadurch enstanden sogleich um den Berührungspunkt Farbenkreise, die an Größe und Anzahl zunahmen, wenn der Druck verstärkt wurde und so auch umgekehrt. Näher an dem Mittelpunkt, der schwarz und farbenlos ist, erscheinen die Farben lebhafter und immer bläßer, je weiter sie davon entfernt sind. Wenn die Gläser sehr stark gegen einander gedrückt wurden, so fand Newton, daß dadurch die farbigen Kreise eine ungleiche Breite bekamen, wie Fig. 17. Taf. XX. wo die Buchstaben a, b, c, d, e, f u. s. w. die Farben in folgender Ordnung, die mit a anfängt, anzeigen: Schwarz, blau, weiß, gelb, roth; violet, blau, grün, gelb, roth; purpurfarb, blau, grün, gelb, roth; grün, roth; grünlichblau, roth; grünlichblau, blaßroth; grünlichblau, röthlichweiß. **)

„Der Abbe Mazeas †) hat die Beobachtung gemacht, daß man, wenn man zwey Glasplatten, welche

*) Man sehe Priestley's Geschichte des Gesichts, des Lichtes und der Farben, Th. 6. Abschn. 5. Auch: Neue Beobachtung über die Farben dünner durchsichtiger Körper. London 1800.

**) Newtons Optik B. 2. Th. 1. Beob. 4.

†) Die Beobachtungen desselben hierüber stehen in den Memoires de l'Academie de Prusse von 1752. T.

durchsichtig und gut polirt sind, wie man sie zu Spiegeln zu brauchen pflegt, an einander reibt oder eine über die andere hinzieht, und der Druck an jedem Theile der beyden Oberflächen so gleichförmig als möglich ist, bisweilen in der Mitte, bisweilen nach den Rändern der Platten hin, bald einen Widerstand fühlt und da, wo sich dieser äußert, zwey oder drey sehr feine krumme Linien bemerkt, von denen einige blaßroth und andere blaßgrün sind. Setzt man das Reiben fort, so entstehen an den Stellen der Berührung noch mehrere solcher rothen und grünen Linien, bey denen zuweilen andere Farben zu der ursprünglichen gemischt erscheinen, zuweilen aber die Farben regelmäßig vertheilt sind. Im letzteren Falle sind die farbigen Linien gewöhnlich konzentrische Kreise oder Ringe, oder Ellipsen, oder besser Ovale, die länger oder kürzer sind, je nachdem sich die Oberflächen mehr oder weniger fest verbunden haben. Wenn die Glasplatten vor dem Reiben gut abgetrocknet und erwärmt werden, so wird man die Figuren auch sicher erscheinen sehen.

„Sind die Farben gebildet, so hängen, die Glasplatten sehr fest zusammen und würden auch immer in diesem Zustande, ohne einige Veränderung der Farben bleiben. In dem Mittelpunkte aller dieser Ovale, deren längerer Durchmesser gewöhnlich mehr als zehn Linien beträgt, erscheint zwischen den Gläsern eine kleine Platte von der nemlichen Figur, die genau einer Platte von Gold gleicht, und in deren Mittelpunkt man oft einen dunklen Fleck erblickt, der alle Lichtstrahlen absorbirt außer der violetten, welche durch ein Prisma sehr lebhaft erscheint.

„Werden die Glasplatten dadurch, daß man sie horizontal über einander wegzieht, oder durch die Wirkung von Feuer schnell getrennt, und dann wieder auf einan-

der gelegt, so erscheinen die Farben augenblicklich, ohne daß erst eine Reibung erforderlich wäre.

„Wenn man den Druck mit der leisesten Berührung anfängt und denselben unmerklich verstärkt, so erscheint zuerst eine blaßrothe ovale Platte und in der Mitte derselben ein grüner Lichtfleck, der sich mit dem Drucke vergrößert, und zu einem grünen Oval wird, in dessen Mittelpunkt sich ein rother Fleck befindet und wird dieser wieder eben so vergrößert, so zeigt sich in seiner Mitte wieder ein grüner Fleck. So folgen Roth und Grün abwechselnd auf einander, mit verschiedenen Schattirungen und mit anderen Farben vermischt.

„Der größte Unterschied zwischen den durch ebene Oberflächen und den durch krumme hervorgebrachten Farben, besteht darinn, daß bey ebenen Oberflächen der Druck allein, den obigen Fall ausgenommen, nicht im Stande ist, sie hervorzubringen. Ohne vorhergegangene Reibung konnte Mazeas auch durch den stärksten Druck keine Farben hervorbringen. Die Ursache davon aber war offenbar die, daß die Glasplatten, wenn sie nicht an einander gerieben wurden, nicht fest genug mit einander verbunden werden konnten."

„Anfänglich zweifelte der Abbe Mazeas nicht daran, daß die Ursache dieser Farben nicht ein dünnes, zwischen den Platten befindliches Lufthäutchen seyn sollte, dem auch Newton sie zugeschrieben. Allein die merkwürdige Verschiedenheit zwischen den durch flache Platten und den durch Objektivgläser hervorgebrachten Farben, überzeugte ihn, daß die Luft nicht die Ursache derselben seyn könne. Die Farben der flachen Platten nemlich verschwanden durch die Hitze, die der Objektivgläser aber nicht. Er müste diese so gar so stark erhizzen, daß dasjenige, welches gegen das Feuer gekehrt war, zersprang, ehe er auch nur die geringste Erweiterung der Farbenringe bemerken konnte. Die Ursache

dieser Verschiedenheit lag nicht etwa darinnen, daß die flachen Glasplatten weniger stark zusammengedrückt worden als die Objektivgläser, denn obgleich jene durch Zangen so stark als möglich zusammengedrückt wurden, konnte dadurch die Wirkung der Flamme doch nicht im geringsten gehindert werden *)."

Die beschriebenen, Farbenringe erscheinen viel lebhafter und deutlicher im zurückgeworfenen Lichte, als im durchgelassenen.

Die Farbenringe die man durch Zurückwerfung sieht, haben gewöhnlich eine andere Farbe als diejenigen, welche durchgelassenes Licht hervorbringt. Die weiße Farbe des letzteren ist der schwarzen des ersteren, die rothe der blauen, die gelbe der violetten, und die grüne einer aus roth und grün gemischten, entgegengesetzt.

Je schiefer man in jedem Falle die Ringe sieht, desto größer scheinen sie zu seyn.

Wenn man Wasser zwischen den Gläsern aufsteigen läßt, so wird dadurch der Glanz der Farben sehr vermindert, auch bekömmt man dann weniger und schmählere Ringe.

Newtons, hauptsächlich auf die angegebenen Phänomene dünner Platten gestützte Theorie, hat man lang als zureichend zur Erklärung, der verschiedenen von den Weltkörpern in unsre Augen fallenden Farben, betrachtet.

Nach dieser Theorie nimmt man an, daß alle Farben blos in dem Lichte leuchtender Körper, dergleichen die Sonne, ein brennendes Licht u. s. w. sind, vorhanden seyen, und daß dieses Licht, indem es unaufhörlich

*) Priestley's Geschichte des Lichtes, des Gesichts und der Farben Th. 6. Abschn. 5. Der Leser findet in dieser Schrift nicht nur noch mehrere Umstände diese Versuche betreffend, sondern auch von anderen angestellte ähnliche Versuche. T.

auf verschiedene Körper falle, in seine ursprünglichen Farben zertheilt werde, von welchen einige absorbirt, andere aber unaufhörlich zurückgeworfen werden, so daß die Körper, die uns roth erscheinen, solche seyen, die alle andere Farben des weißen Lichtes absorbiren oder einschlucken und nur die rothen Strahlen zurückwerfen. Die welche uns grün erscheinen, haben die Eigenschaft, alle farbige Strahlen, nur die grünen nicht, zurückzuwerfen. Von denen Körpern, die gar keine der ursprünglichen Farben zeigen, hat man angenommen, daß sie die Strahlen der ursprünglichen Farben und zwar in einem solchen Verhältnisse zurückwerfen, daß dadurch ihre gemischten Farben hervorgebracht werden, u. s. w.

Bis zu diesem Punkte scheint die Hypothese durch einige der im vorhergehenden Kapitel erwähnten Versuche bestätiget zu werden; aber einen Schritt weiter ist sie, selbst für die lebhafteste Phantasie, schon weniger einleuchtend. Es wurde dabey angenommen, daß die Theilchen aller Körper aus sehr dünnen und durchsichtigen Platten oder Lamellen bestehen, die eine oder die andere Farbe, je nachdem sie dicker oder dünner sind, zurückwerfen oder durchlassen; daß die dünneren die lebhafteren Farben hervorbringen, und daß die Farben einiger Plättchen sich verändern, je nachdem das Auge seine Lage verändert, andere aber beständig und gleichförmig bleiben.

Allein, eine genauere Untersuchung dieser Lehre und die Anwendung derselben auf eine Menge von Erscheinungen, die, besonders in unseren Tagen, von mehreren scharfsinnigen Männern sind beobachtet worden, machen diese Farbentheorie fast in allen ihren Theilen zweifelhaft. Zuvörderst kann noch bezweifelt werden, ob es wirklich nur sieben von einander verschiedene ursprüngliche Farben, oder eine unbestimmte Anzahl derselben giebt, die vielleicht durch unbekannte Modifica-

tionen des meisten Lichtes hervorgebracht werden. Dieser Zweifel gründet sich hauptsächlich auf die Breite der Streifen und die Abstufungen der angenommenen sieben ursprünglichen Farben des prismatischen Farbenbildes. Und was zweytens die Hypothese betrifft, daß alle Körper aus dünnen durchsichtigen Blättchen bestehen sollen, so fehlt es ihr gar sehr an Beweisen, die sich auf Versuche gründeten. Ja wenn ihr Daseyn auch wirklich könnte bewiesen werden, so würde es doch immer schwer bleiben zu zeigen, wie durch dieselben beständige und unveränderliche Farben, die es in allen Richtungen bleiben, können hervorgebracht werden. Da aber der wißbegierige Leser, der sich weiter über diesen Gegenstand zu belehren und seine Naturkenntnisse zu erweitern wünscht, jene Zweifel in den Werken aller neueren Schriftsteller, die über die Optik geschrieben haben, und besonders in den Transactionen gelehrter Gesellschaften, in Journalen u. s. w. finden kann, so verweise ich ihn auf dieselben und füge zum Schlusse dieses Kapitels noch einige merkwürdigere, die Farben betreffende Thatsachen hinzu.

Der Farbenwechsel, den man bey einem und demselben Körper bemerkt und der entweder durch die Lage oder durch eine Veränderung der Beschaffenheit des Körpers selbst hervorgebracht wird, ist für jeden Beobachter ein Gegenstand der Bewunderung und des Vergnügens.

Was den Farbenwechsel betrifft, der seinen Grund in der Lage oder Stellung der Körper hat, so hat man bemerkt, daß gewisse feste Körper und besonders gewisse Flüssigkeiten, eine andere Farbe im zurückgeworfenen und eine andere im durchgelassenen Lichte zeigen. Der Grund davon liegt darinn, daß wenn sie alle Strahlen einer oder gewisser Grundfarben zurückwerfen, das Licht, welches indem es durch sie hingeht, in unsre Augen fällt, andere Farben darstellen muß, da es derjenigen

Farben ist beraubt worden, die von dem vorderen Theile des Körpers zurückgeworfen worden sind.

Boyle hat die Beobachtung gemacht, daß wenn man einen Aufguß von Griesholz (lignum nephriticum) in eine Glaskugel füllt und ihn darinn einem starken Lichte aussetzt, derselbe eben so ungefärbt ist als reines Wasser, daß er aber die schönste grüne Farbe zeigt, so bald er an einen Ort gesetzt wird, wo er ein wenig Schatten hat; stellt man ihn noch schattigter, so spielt er ins Rothe und an einem sehr schattigten Orte, oder in einem undurchsichtigen Gefäße wird er wieder grün erscheinen. Wird er in gerader Richtung zwischen das Licht und das Auge gehalten, so bekömmt er, die aller oberste Lage ausgenommen, wo zuweilen ein wolkenfarbiger Kreis erscheint, eine Schattirung, die beynah goldfarb ist, es wäre denn, daß der Aufguß zu stark wäre, in welchem Falle er dunkel oder röthlich wird, und mit Wasser verdünnt werden muß. Wird er aber von dem Lichte abgekehrt gehalten, so daß das Auge zwischen dem Lichte und dem Glase ist, so bekömmt er eine angenehme dunkelblaue Farbe, welche auch die einzelnen Tropfen annehmen, die etwa an der äußeren Seite des Glases herablaufen.

Was die durch Mischungen, durch Sieden, Erhitzen, Zerstoßen u. s. w. hervorgebrachten Farben-Veränderungen betrifft, so sind sie zwar so gemein und so auffallend, daß sie jedermann kennt, allein die Naturkundiger sind noch über die Ursachen derselben nicht einig. Eine der wahrscheinlichsten Theorien darüber ist die, daß eine Verdünnung der Theilchen eines gegebenen Körpers aus der violetten, oder einer anderen, der violetten näheren Farbe, in eine andere der rothen nähere, nach der Ordnung der prismatischen Farben übergehe, und daß, umgekehrt,

gekehrt, eine Verdickung der Theilchen, die Farben in der entgegengesetzten Ordnung verändere *).

Schüttet man in verdünnten Veilchensaft einige Tropfen von einer Säure, so wird die Flüssigkeit roth, und setzt man dann eine kleine Quantität von kohlenstoffsaurem Kali hinzu, so wird sie grün.

Gießt man in eine Solution von schwefelsaurem Kupfer einige Tropfen Ammoniak, so wird sie blau gefärbt, und durch den Zusatz von ein wenig Salpetersäure, verschwindet die blaue Farbe wieder.

Die Chemie bewirkt eine Menge Veränderungen dieser Art und man findet ihrer fast in allen chemischen Werken erwähnt †).

Fünftes Kapitel.

Von den Linsen und ihren Wirkungen.

Auf die Eigenschaft des Lichtes gebrochen und zurückgeworfen werden zu können, gründet sich die Einrichtung und Zusammensetzung der nützlichsten und bewundrungswürdigsten optischen Instrumente. Von diesen sind diejenigen, die mit der Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes in Verbindung stehen, nemlich die

*) Man sehe: Delaval über die Farben; auch dessen Abhandlung darüber in dem zweyten Bande der Denkschriften der Manchester physikalischen Gesellschaft.

†) Man sehe Priestley's Geschichte des Gesichtes, des Lichtes und der Farben. Th. 6. Abschn. 15.

Spiegel, in den vorhergehenden Kapiteln hinlänglich erklärt worden, und es ist mir daher nur noch übrig, auch die Wirkungen derer, die sich auf die Lehre von der Brechung der Lichtstrahlen gründen, anzugeben, zu beschreiben und zu erklären.

Sie lassen sich der Gestalt nach auf eine dreyfache Art eintheilen und generisch benennen, nemlich: in flache Platten, in Prismen und in Linsen. Die flachen Platten bedürfen keiner besondern Beschreibung; die Prismen sind in dem vorhergehenden Kapitel beschrieben worden, und daher wird die Beschreibung der Linsen der Gegenstand des gegenwärtigen Kapitels seyn.

Eine Linse nennt man ein Stück Glas, oder ein andres durchsichtiges Medium, das wenigstens eine hohle oder erhabene sphärische Oberfläche hat. Die verschiedenen Formen der Linsen und ihre besonderen Benennungen hat man von der Gestalt ihrer Oberflächen hergenommen, die entweder flach, oder hohl, oder erhaben, oder vermischt seyn können. Es giebt daher sechs Arten von Linsen, von denen Durchschnitte bey Fig. 18 Taf. XX. und zwar nach der Ordnung abgebildet sind, in welcher man sie aufzuführen pflegt. Sie heißen: das Plankonvex, das Plankonkav, das Konvexkonvex, das Konkavkonkav, das Konkavkonvex, und der Meniskus, (oder Mond,) welcher ebenfalls ein Konkavkonvex ist, und sich von dem ersteren blos dadurch unterscheidet, daß der Halbmesser seiner erhabenen Seite kleiner ist als der Halbmesser seiner konkaven Seite, daher auch die Ränder desselben scharf sind und sein Durchschnitt dem Neumonde gleichet.

Der mittlere Punkt einer jeden dieser Linsen heißt, wenn sie dünn sind, der Mittelpunkt derselben. Eine durch diesen Mittelpunkt gehende und senkrecht auf die beyden Oberflächen der Linse gesetzte Linie, wie die

Linie HG heißt die Axe derselben. Die Punkte C, D, an den Oberflächen der Linsen, wo die Axe die Oberflächen schneidet, heißen die Scheitelpunkte der Linse. — Ist aber die Linse ziemlich dick und sind ihre Oberflächen ungleich gekrümmt, so ist der Mittelpunkt der Linse dem einem Scheitelpunkte um eben so viel näher als dem anderen als der Halbmesser der Krümmung der ersteren Oberfläche kleiner ist, als der der anderen.

Bey dem geringsten Nachdenken über die Sache, sieht man leicht ein, daß die Axe durch die Mittelpunkte der erhabenen oder der hohlen Seite, das heißt der Sphären oder Kugelflächen, von welchen die Oberflächen der Linsen ein Theil sind, gehen müsse; es wäre denn, daß die Linse, wie bey Fig. 19, eine unregelmäßige Form hätte, wodurch sie aber unbrauchbar für optische Instrumente wird, welches oft der Fall zu seyn pflegt.

Wenn ein Lichtstrahl senkrecht auf den Scheitelpunkt einer Linse fällt, also mit der Axe H C koincidirt oder zusammenfällt, so muß er offenbar gerade durch die Linse hindurch gehen, ohne die geringste Verdünnung zu erfahren. Fällt er aber schief darauf, so muß er in einer auf seine erste Richtung geneigten Richtung aus der Linse herausfallen. So muß, zum Beyspiele von den Lichtstrahlen, die, indem sie von dem leuchtenden Punkte A, Fig 20 Taf. XX. ausgehen, auf die Linse B E fallen, der Strahl A C, der in der Richtung der Axe der Linse fortgeht, gerade durch sie hindurchgehen; der Strahl A B hingegen, muß, da er schief auf die Oberfläche der Linse fällt, gebrochen oder gebogen werden, und ist die Linse ein Plankonvex oder ein Konvex-konvex so muß dieser einwärts, das heißt nach der Axe zu gebogen werden, wie sich aus der S. 190 beschriebenen Methode ergiebt, und muß folglich die Axe in irgend einem Punkte F schneiden, oder erreichen. Dieser Punkt F nun, heist der gebrochene Brennpunkt dieses

Strahles, oder beſſer: der Strahlen A B, A E, die in gleichen Entfernungen von der Axe A C auf die Linſe fallen, da es einleuchtend iſt, daß ſie ſich alle in dem nemlichen Punkte F, begegnen und durchkreuzen müſſen. Daher heißt der Punkt A der leuchtende Punkt, oder der Brennpunkt der einfallenden Strahlen, und in Beziehung auf einander ſelbſt, werden dieſe beyden Punkte Vereinigungsbrennpunkte genannt.

Iſt die Linſe ein Hohlglas, wie Fig. 21 Taf. XX. dann werden die ſchiefen Strahlen A B, A E, auswärts, das heißt: von der Axe abgebogen. Denkt man ſich nun in dieſem Falle, daß dieſe gebrochenen Strahlen, ſo lange rückwärts giengen, bis ſie die Axe wieder erreichten, wie bey F, dann heißt dieſer Punkt F, der eingebildete Brennpunkt oder der Zerſtreuungspunkt, der gebrochenen Strahlen, da er in der That der Mittelpunkt der Zerſtreuung der Strahlen iſt. In dieſem Falle ſind beyde Vereinigungsbrennpunkte an der nemlichen Seite der Linſe, nemlich, der wirkliche Brennspunkt A der einfallenden Strahlen, und der Zerſtreuungspunkt, oder eingebildete Brennpunkt F, der gebrochenen Strahlen B G, D O, E S.

Wenn ſich der Leſer die Mühe geben will, den Gang aller von einem leuchtenden Punkte ausgehenden und auf die Oberfläche entweder einer erhabenen oder auch einer hohlen Linſe fallenden Strahlen, auf die oben angegebene Art zu zeichnen oder zu entwerfen, ſo wird er finden, daß die Strahlen, wenn die Linſe erhaben iſt, nicht alle in einem und demſelben Brennpunkte zuſammentreffen, und daß ſie, wenn die Linſe ein Hohlglas iſt, auch nicht einen gemeinſchaftlichen Zerſtreuungspunkt haben, ſondern daß die Strahlen, die nach der Zerſtreuung entfernter von der Axe ſind, eher zuſammenfallen als diejenigen, die der Axe näher ſind, und dieſe Wir-

kung ist in eben dem Verhältnisse stärker, in welchem die Oberflächen der Linsen weiter von einander entfernt und ihre Kugeldurchschnitte größer sind. Daher stellt eine Glaskugel die erwähnte Wirkung sehr deutlich dar, und darum macht man auch die Linsen so dünn als möglich. Indessen bricht doch nie eine Linse, die aus Kugelobersflächen besteht, in allen Fällen die von einem leuchtenden Punkte auf sie fallenden Strahlen, alle in einen Brennpunkt. Der Brennpunkt der Strahlen, die auf den Rand der Linse fallen, ist nicht nur näher an der Linse, sondern auch am weitesten von der Axe entfernt, nemlich an einer Seite derselben. Linien, die durch die gebrochenen Brennpunkte derjenigen Strahlen gehen, die zu einem leuchtenden oder strahlenden Punkte gehören, bilden zwey krumme Linien, die bey der Axe oder dem Hauptbrennpunkte, einen Winkel mit einander machen, und werden Brennlinien durch Brechung genannt; sie sind wirkliche Brennlinien bey erhabenen Linsen, aber eingebildete bey hohlen.

Wenn die Linsen dünn sind und ihre Kugelfläche nicht sehr erhaben ist, so sind jene Brennlinien so unmerklich, daß man sie nicht sehen kann; Linsen aber, die ziemlich dick und sehr erhaben sind, bewirken eine beträchtliche Veränderung der Strahlen und eine offenbare Verrückung oder Abirrung des Gegenstandes, den man durch sie ansieht *).

Man kann sich von dieser Verrückung oder Abirrung durch folgenden Versuch überzeugen: man bedecke die eine Seite einer Glaskugel oder einer dicken Linse

*) Um dieser von der Kugelgestalt der Linse entstehenden Verrückung vorzubeugen, hat man andere Figuren angegeben, die das Licht brechen sollen, ohne dergleichen Brennlinien zu bilden; allein es ist so schwer den Linsen eine andere als die Kugelgestalt zu geben, daß noch kein Optiker mit einer anderen einen Versuch gemacht hat.

mit einem kreisförmigen Stück von braunem Papier, in dessen Durchmesser eine Reihe gleich weit von einander entfernter, mit einer Nadel eingestochener Löcher befindlich ist, und lasse das durch diese Löcher und durch die Linse gehende Licht auf ein Stück weißes Papier fallen, welches senkrecht auf die Lichtstrahlen gehalten wird. Wird nun das Papier nahe an die Kugel oder die Linse gehalten, so wird man finden, daß die auf dasselbe fallende Lichtpunkte in einer gleich weiten Entfernung auf einander folgen; daß aber, wenn das Papier allmählig von der Linse entfernt oder zurückgezogen wird, die Zwischenräume zwischen den äußeren Punkten kleiner werden, als die Zwischenräume zwischen den inneren und sich bald vereinigen.

Wird im Gegentheile die nemliche Operation mit einer dicken Hohllinse wiederholt, so wird man finden, daß die Zwischenräume zwischen den äußeren Punkten grösser werden, als die innern u. s. w.

Außer der Verrückung oder Abirrung, die von der Gestalt herkömmt, sind Linsen noch einer viel größeren Unvollkommenheit unterworfen, die ihren Grund in der verschiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen hat. Denn obgleich die von einem leuchtenden Punkt ausgehenden und auf eine sphärische Linse in gleichen Entfernungen von der Axe fallenden Strahlen, zu folge einer besonderen Figur der Linse in einem und dem nemlichen Punkte zusammentreffen oder ihren Brennpunkt in einem und demselben Punkte haben würden, so werden doch, da die Brechung das Licht in farbige Strahlen zertheilt, die violette Strahlen, weil sie die größte Brechbarkeit haben, ihren Brennpunkt näher an der Linse als die blauen bilden, und so fort, und da die rothen Strahlen die schwächste Brechbarkeit haben, wird auch der Brennpunkt derselben, am weitesten von der Linse entfernt seyn.

Ist die Linse dünn und ihre Erhabenheit oder Hohlung nicht sehr groß, so bleibt diese Strahlenzerstreuung unbemerkt. Ist hingegen die Linse dick und stark, konvex oder erhaben, oder werden die Unvollkommenheiten der einen Linse durch die andere Linse vergrößert, wie bey Teleskopen und anderen zusammengesetzten optischen Instrumenten, so ist die Zerstreuung oder Trennung der farbigen Strahlen, besonders nach dem Rande zu, wo die Brechung am stärksten ist, so sehr auffallend, daß dadurch die Wirkungen, welche diese Instrumente außerdem würden hervorbringen können, gar sehr gehindert werden.

Der große Newton, so wie alle andere Naturkündiger seiner Zeit, waren der Meynung, daß dieser Unvollkommenheit nicht könne abgeholfen werden. Allein die gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts gemachte Entdeckung, von der verschiedenen zerstreuenden Kraft, verschiedener durchsichtiger Mittel, erweckte bey einigen Physikern die Hoffnung, daß jener Unvollkommenheit der Linsen doch noch dürfte abgeholfen werden können, und dies gelang auch wirklich bald darauf dem scharfsinnigen Dollond, der endlich nach vielen vorhergegangenen Versuchen und Berechnungen jenes Instrument erfand, das unter dem Namen des achromatischen, das heißt: des farbenlosen, nichtfärbenden Fernrohres bekannt ist. Die Objektivlinse dieses Fernrohres ist aus Glasarten zusammengesetzt, deren Kraft die Farben zu zerstreuen verschieden ist, wobey aber doch die zerstreuende Kräfte ein solches Verhältniß zu einander haben, daß sie das Licht nicht in seine ursprünglichen Farben zerlegen; daher erscheinen die Gegenstände, die man durch solche Teleskope sieht, in ihrer natürlichen oder eigenthümlichen Farbe *).

*) Zur Erfindung des achromatischen Teleskops gab eigentlich Euler durch seine Abhandlung sur la perfection de verres ob-

Man hat Linsen für Fernröhre nicht blos aus einer Zusammensetzung von verschiedenen Gläsern gemacht, sondern man hat auch Gläser und Flüssigkeiten, die verschiedene zerstreuende Kräfte haben, mit einander verbunden. *) Indessen bedient man sich doch gewöhnlich blos des Glases als einer Substanz, die am dauerhaftesten ist, und sich auch am zweckmäßigsten behandeln läßt.

Achromatische Linsen werden entweder aus zwey oder aus drey Linsen zusammengesetzt, die in einer gemeinschaftlichen Einfassung oder einem Ringe dicht an einander befestigt werden. Bey Fig. 22 Taf. XX ist ein Durchschnitt einer Linse der ersten Art, und Fig. 23 ein Durchschnitt einer der letzteren Art abgebildet.

Fig. 22 A B ist eine doppelte erhabene oder bikonvexe Linse von Kronenglas und C D eine konkavkonvexe Linse von Flint- oder Krystallglas.

Fig. 23, A O B und E F sind zwey bikonvexe oder Konvex-konvex-Linsen von Kronenglas und die innere Linse C D ist eine Konkav-konkave oder Bikonkave von Flintglas.

Der Grundsatz, nach welchem diese achromatische Linsen verfertiget werden, kann leicht von dem, was S. 195 gesagt worden, abgeleitet werden, indem daselbst gezeigt worden ist, daß dadurch, daß man zwey oder drey Prismen von verschiedenen Glasarten mit einander verbindet, das durch dieselben fallende Licht ohne Zerstreuung gebrochen werden kann, und man also den Dicken und Krümmungen der Linsen ein solches Verhältniß zu

jectifs des lunettes, dem Engländer Dollond die erste Veranlassung. T.

*) Man sehe die Abhandlung: die Grundsätze und Anwendung einer neuen Methode achromatische Fernröhre zu machen von Robert Blair, in dem ersten Bande von Nicholsons Journal der Physik. (Auch Euler that dies.)

einander geben kann, daß sie eine ähnliche Wirkung hervorbringen. Wenn man einen sehr kleinen Theil einer solchen zusammengesetzten Linse, zum Beyspiele den zwischen den Linien g i, h m Fig. 22 enthaltenen, untersucht, so wird man auch in der That sehen, daß die beyden Theile der äußeren Linsen, wie zwey Prismen von Kronenglas wirken müssen, deren Basen gegen die gemeinschaftliche Axe der Linsen gerichtet sind; da, im Gegentheile, der Theil der mittleren Hohllinse wie ein Prisma von Flintglas wirket, das in einer entgegengesetzten Richtung, nemlich mit seinem Scheitelpunkt gegen die Axe steht.

Verschiedene Schriftsteller haben verwickelte Methoden zur Bestimmung der Krümmungen angegeben, welche die Oberflächen solcher zusammengesetzten Linsen haben müssen, die sich auf die brechenden und zerstreuenden Eigenschaften der Gläser gründen, welche Eigenschaften gar sehr verschieden sind; allein die Schwierigkeit so wohl die wahre zerstreuende als auch die wahre brechende Kraft einer besonderen Glasart zu bestimmen, indem jene Kräfte sehr selten in einer und derselben Glasart auf jedem Punkte derselben gleichförmig sind, und die Schwierigkeit den zusammenzusetzenden Linsen genau die berechnete Dicke und Krümmung geben zu können, das macht, daß jene Berechnungen für den Praktiker nur von einem geringen Nutzen sind. Sie dienen höchstens als Approximationen und müssen durchaus durch wirkliche Versuche mit verschiedenen Gläsern und verschiedenen Schleifwerkzeuchen verbessert und berichtigt werden. *)

*) Die folgenden beyden Formeln zur Verfertigung dreyfacher achromatischer Objektivlinsen für Teleskope, sind aus Eulers Dioptrik, B. 1. S. 335 genommen.
P ist die Hauptbrennpunktslänge.

Als eine von Dollond für ein Teleskop verfertigte achromatische Linse die, wie Fig. 22. zeigt, aus drey Linsen bestand, untersucht wurde, fand man, daß die Halbmesser der Krümmungen ihrer sechs Oberflächen 1, 2, 3, 4, 5 und 6 folgende in Zollen und Linien (decimals) angegebene Dimensionen hatten und eine andere untersuchte ähnliche Linse hatte die in der letzten Kolumne verzeichnete Halbmesser.

Die mittlere Brechung aus Luft in Kronenglas ist angenommen, daß sie sich erhalte, wie 1,53 zu 1.

Eben diese Brechung aus Luft in Flintglas, wie 1, 58 zu 1.

Die zerstreuenden Kräfte von Flint- und Kronen-Glas, wie 3 zu 2.

Erste Formel.

Die Halbmesser der Oberflächen, die mit der nächsten am Objektiv anfangen, sind folgende:

Eine Bikonvexe von Kronenglas { erste Oberfläche = 0,5004 . p. / zweyte Oberfl. = 3,6665 . p.

Eine Bikonkave von Flintglas { erste Oberflache = — 0,5167 . p. / zweyte Oberfl = — 0,4843 . p.

Eine Bikonvexe von Kronenglas { erste Oberfläche = 0,5291 . p. / zweyte Oberfl. = 0,4757 . p.

Halbe Oeffnung = 0,1189 . p.

Zweyte Formel.

Eine Bikonvexe von Kronenglas { erste Oberfläche = 0,2829 . p. / zweyte Oberfl. = 2,0729 . p.

Eine Bikonkave von Flintglas { erste Oberfläche = — 2,1459 . p. / zweyte Oberfl. = — 0,2955 . p.

Eine Bikonvexe von Kronenglas { erste Oberfläche = 0,5938 . p. / zweyte Oberfl. = 2,5006 . p.

Halbe Oeffnung = 0,0707 . p.

Erste, das ist die äußere dem Gegenstande nächste Oberfläche.	Halbmesser der anderen achromatischen Objektivlinse, ebenfalls in Zollen und Linien.
1. 28	28
2. 40	35, 5
3. 20, 9	21, 1
4. 28	25, 75
5. 28, 4	28
6. 28, 4	28

Der Hauptbrennpunkt der ersteren dieser achromatischen Linsen war ohngefähr 46 Zoll von ihrer Oberfläche entfernt, und die Entfernung des der zweyten achromatischen Linse betrug ohngefähr 46,3 Zoll.

Der in dem vorhergehenden erwähnten Abweichungen ohngeachtet, nimmt man an, daß Glaslinsen, wenn sie nicht sehr dick sind, für solche Strahlen, die von einem einzelnen leuchtenden Punkte kommen, einen bestimmten Brennpunkt gebrochener Strahlen hätten, und die Entfernung dieses Brennpunkts von der Oberfläche der Linse wird die Brennpunkts-Entfernung (Brennweite) dieser Strahlen genannt. Ja man eignet selbst einer Kugel einen solchen Brennpunkt zu, indem man darunter den Mittelpunkt der Kugel versteht.

Es ist daher nothwendig, daß ich zeige, wie diese Brennweite für die verschiedenen Arten von Linsen bestimmt wird. In der That kann man sie in allen Fällen nach der allgemeinen S. 190 beschriebenen Methode bestimmen, allein es wird doch von Nutzen seyn, die Hauptresultate solcher Untersuchungen für die gewöhnlicheren Linsen aufzustellen und zugleich einige leichtere und ziemlich bestimmte Regeln zur Auffindung der Brennpunkte aller Arten von Linsen anzugeben. Voraus aber muß ich noch eine kurze Erklärung von der Wirkung flacher Platten gehen lassen.

Vor allen Dingen muß ich erinnern, daß wenn ein Lichtstrahl, ob er gleich auf eine brechende Platte, wie die Glasplatte A B, Fig. 24. Taf. xx. ist, einfällt, durch dieselbe geht, der ausfallende Theil C D desselben, allemal dem einfallenden Theile E F parallel seyn wird, so lang die Oberflächen der brechenden Platte einander parallel sind, und die Platte von einem und demselben gleichförmigen Mittel, es sey dies nun Luft oder Wasser u. s. w. umgeben bleibt; denn obgleich der Strahl, in dem er auf der ersten Oberfläche in die Platte geht, gebogen wird, so ist es doch einleuchtend, daß er, bey seinem Ausgange aus der anderen Oberfläche der Platte um eben so viel nach der entgegengesetzten Richtung muß gebogen werden.

Wenn ein in einem brechenden Mittel befindlicher Gegenstand, von einem Auge, das sich in einem anderen Mittel, dessen Brechbarkeit von der des ersteren verschieden ist, befindet, gesehen wird und die Grenze der beyden Mittel eine ebene Oberfläche ist, so kann der Gesichtswinkel vergrößert oder verkleinert und folglich der ins Auge fallende Gegenstand auch vergrößert oder verkleinert werden; er wird nemlich vergrößert werden, wenn sich das Auge in dem schwächer brechenden Mittel befindet, und umgekehrt.

So wird ein Gegenstand A B, Fig. 25 Taf. xx. der sich im Wasser befindet, einem Auge bey C, also in der an dem Wasser liegenden Luft, vergrößert erscheinen, weil die äußeren Strahlen A F, B G, dadurch, daß sie schief auf die Oberfläche F G fallen, gebogen werden, so daß sie bey dem Auge einen größeren Winkel machen müssen. Und eben das gilt auch von den mittleren Strahlen, D E ausgenommen, der, weil er senkrecht auf die Oberfläche fällt, nicht von ihr gebogen wird.

Aus dem was von einer flachen Platte ist gesagt worden, ergiebt sich, daß es gegen die Mitte der Ober-

fläche einer jeden Linse einen Punkt giebt, bey welchem der ausgehende Theil eines auf die Linse fallenden und durch sie gehenden Strahles dem einfallenden Theile parallel ist, denn der Einfallspunkt und der Ausfallspunkt können in eine solche Lage gebracht werden, daß sie, wenn zwey Flächen die Oberflächen bey diesen Punkten berühren, einander parallel sind. Derjenige Strahl, oder derjenige Theil eines Lichtkegels, der auf diese Art ohne gebogen zu werden durch die Linse geht, wird die Axe dieses Lichtkegels genannt und diese Axe geht immer durch den Mittelpunkt der Linse.

Wenn Lichtstrahlen verschieden geneigt auf eine und dieselbe Linse fallen, so ist es einleuchtend, daß sie auch ihre Brennpunkte in verschiedenen Entfernungen von der Linse haben müssen. So wird, zum Beyspiele, die nemliche Beugung oder Brechung nach innen zu, solche Strahlen, die bereits stark gebogen oder geneigt sind, viel geschwinder gegen einander biegen, als diejenigen, die bereits weniger geneigt, oder welche divergirend sind.

Wenn Lichtstrahlen einander parallel sind wie diejenigen, die von einem Punkte der Oberfläche der Sonne oder irgend einem anderen entfernten Punkte kommen, und senkrecht, oder doch beynahe so, auf die Oberfläche einer Linse fallen, so wird der Brennpunkt dieser Strahlen nach der Brechung, der Hauptbrennpunkt dieser Linse, und seine Entfernung von der Linse die Hauptbrennpunkts-Entfernung, (Hauptbrennweite) derselben genannt.

Den Hauptbrennpunkt einer Linse kann man entweder durch Versuche finden, welches bey weitem die geschwindeste Art ist, oder auch durch Berechnung.

Bey einem Plankonvex, einem Konvexokonvex oder Bikonvex oder einem Meniskus ist der Hauptbrennpunkt ein wirklicher Brennpunkt, (focus physicus seu actualis,) bey den anderen Linsen aber ist der Brennpunkt

ein eingebildeter, (oder ein Zerstreuungspunkt, focus virtualis seu geometricus.) Um den Hauptbrennpunkt einer Linse der ersten Art zu finden, halte man die Linse so gegen die Sonne, daß die Strahlen derselben senkrecht auf sie fallen können und messe dann die Entfernung, in welcher die Strahlen in einem weißen, runden und gut umschriebenen Fleck oder Punkt auf einem weißen Papiere, das zu dem Ende in größerer oder geringerer Entfernung muß gehalten werden, sich sammeln, so ist diese Entfernung die gesuchte Hauptbrennpunkts-Entfernung oder Brennweite. Statt der Sonne kann man sich eben so gut eines anderen entfernten leuchtenden Gegenstandes zu diesem Versuche bedienen.

Um den eingebildeten Brennpunkt einer Hohllinse, oder einer Plankonkaven, oder Konkavo-konvexen zu finden, schneide man in ein Stück schwarzes Papier ein rundes Loch und hefte dieses Papier so an die Linse, daß der Mittelpunkt des Loches auf den Mittelpunkt der Linse oder doch sehr nahe an denselben zu stehen kömmt; darauf ziehe man auch einen Kreis auf ein Stück steifes Papier oder auf eine Karte, dessen Durchmesser gerade noch einmal so groß ist, als der Durchmesser des Loches in dem Papiere ist, das auf der Linse befestigt worden. Wenn dies geschehen ist, so halte man die Linse in senkrechter Richtung gegen die Sonnenstrahlen, und bewege an der anderen Seite derselben die Karte mit dem Kreise so lange vorwärts und rückwärts, bis die durch die Linse gehenden und auf die Karte fallenden Strahlen auf ihr einen Fleck bilden, der genau dem Kreise auf ihr gleich ist, dann ist die Entfernung zwischen der Karte und der Linse die gesuchte Entfernung des eingebildeten Hauptbrennpunkts, denn wenn von dem Rande des auf der Karte befindlichen Flecks aus und längs dem Rande des auf der Linse befindlichen Loches gerade Linien gezogen werden, so werden sie auf

einem Punkte koincidiren oder zusammentreffen, der eben so weit von der anderen Seite der Linse als die Karte von der entgegengesetzten Seite derselben entfernt ist.

Die Hauptbrennpunkts-Entfernung oder Hauptbrennweite einer plankonvexen Glaslinse ist beynahe dem Durchmesser ihrer Krümmung gleich; bey einer bikonvexen Linse aber ist jene Brennweite beynahe dem Halbmesser der Krümmung gleich. Bey einer plano-konkaven ist die Entfernung des eingebildeten Hauptbrennpunkts von der Linse beynahe dem Durchmesser der Krümmung gleich; bey einer bikonkaven Linse ist jene Entfernung dem Halbmesser der Höhlung gleich. *)

*) Die folgenden beyden Regeln sind in Smith's Optik B. 2. Kap. 3. Gravesands Anfangsgründen der Physik B. 5. in dem Scholium zum 9ten Kap. und anderen von der Optik handelnden Werken demonstrirt.

I.

Den Brennpunkt paralleler Strahlen, welche senkrecht, oder beynahe so, auf eine gegebene Linse fallen, zu finden.

Man lasse E Fig. 1, 2 und 3 Taf. XXI, den Mittelpunkt der Linse, R und r die Mittelpunkte ihrer Oberflächen, oder ihrer Krümmungen (Sphericities,) Rr ihre Axe, und gEG eine Linie, welche mit dem auf die Oberfläche B, deren Mittelpunkt R ist, einfallenden Strahle parallel ist, seyn. Dann ziehe man parallel mit gE einen Halbdurchmesser BR, verlängere ihn und lasse in ihm V den Brennpunkt der Strahlen nach ihrer ersten Brechung bey der Oberfläche B seyn; dann vereinige man Vr und lasse sie gE, die in G verlängert worden, schneiden, so wird G der Brennpunkt der von der Linse ausgehenden Strahlen seyn.

II.

Wenn der Brennpunkt, der auf eine einzelne Oberfläche, Kugel oder Linse einfallenden

Es muß hier ein für allemal bemerkt werden, daß die Richtungen eines gegebenen einfallenden und gebrochenen Strahls auch dann noch die nemlichen sind, wenn die letztere die einfallende und die erstere die gebrochene Richtung genannt wird. Zum Beyspiele: wenn die einfallenden Strahlen parallel sind, so wird der gebrochene Brennpunkt in einer gewissen Entfernung von der Linse seyn; wenn nun in dieser Entfernung ein leuchtender Gegenstand angebracht wird, so werden die gebrochenen Strahlen parallel fort gehen. Das nemliche gilt von jedem Paar Brennpunkten einer Linse, denn wenn einer von ihnen der leuchtende genannt wird, so wird der andere der gebrochene Brennpunkt seyn.

Wenn

Strahlen gegeben worden, den Brennpunkt der ausfallenden Strahlen zu finden.

Man lasse einen Punkt Q Fig. 4 und 5 Taf. XXI. den Brennpunkt der auf eine sphärische Oberfläche, Linse oder Kugel, deren Mittelpunkt E ist, einfallenden Strahlen seyn, und lasse, in einer diesen Strahlen entgegengesetzten Richtung andere, mit der Linie Q E q parallele Strahlen kommen und sie nach der Brechung zu dem Brennpunkt F gehören, (also den Hauptbrennpunkt F bezeichnen;) dann sage man, indem man E f mit E F gleich nimmt, wie sich Q F zu F E verhält, so verhält sich E f zu f q, und indem man f q nach der entgegengesetzten Richtung von f aus nimmt, als welche F Q von F aus hat, so wird der Punkt q der Brennpunkt der gebrochenen Strahlen seyn, ohne daß ein merklicher Fehler dabey statt hätte, wenn nemlich der Punkt Q nicht so weit von der Are entfernt und auch die Oberfläche nicht so breit ist, daß irgend einer von den Strahlen schief auf sie fallen muß.

Wenn die Strahlen nicht von einem Punkte und auch nicht parallel, sondern konvergirend oder zusammenfahrend kommen, dann muß ihr eingebildeter Brennpunkt als der leuchtende Punkt betrachtet werden.

Wenn die einfallenden Strahlen statt parallel zu seyn, entweder konvergirend, oder divergirend sind, dann kann man, ob der Brennpunkt näher bey der Linse oder weiter von ihr entfernt als der Hauptbrennpunkt ist, nach der Gestalt der Linse bestimmen, je nachdem sie nemlich entweder hohl oder erhaben ist, u. s. w. welches keiner besonderen Erläuterung bedarf. Die genaue Entfernung des Brennpunkts in solchen Fällen aber, kann leicht nach der zweyten Regel der letzteren Anmerkung bestimmt werden.

Ich habe zwar in dem vorhergehenden nur von dem Gange eines einzelnen Strahlenkegels, durch eine Linse, das heist: eines solchen, der von einem einzelnen Punkte kömmt, geredet, allein das darüber gesagte läßt sich auch so sehr leicht auf die verschiedenen Punkte eines Gegenstandes anwenden, daß auch schon eine kurze Erläuterung die Sache deutlich machen wird.

Man lasse D E, Fig. 6. Taf. XXI. ein Objekt oder einen Gegenstand und A B eine bikonvexe Linse seyn, deren Mittelpunkt C ist. Dann untersuche man die blos von drey Punkten des Gegenstandes kommenden Strahlenkegel, weil die Lage der darzwischen befindlichen Strahlenkegel offenbar von diesen dreyen eingeschlossen wird. Von allen diesen, von einem jeden dieser Punkte ausgehenden Strahlen nun, muß, nachdem was oben ist gesagt worden, derjenige, der durch den Mittelpunkt C der Linse geht, in einer geraden Richtung fortgehen *), so daß D C I, F C H und E C G gerade Linien sind; zweytens muß der Brennpunkt der Strahlen D B A, nach

*) Eigentlich zu reden sind die einfallenden und die gebrochenen Theile dieses Strahles nicht in einer geraden Linie, sondern sie laufen parallel mit einander. Ist jedoch die Linse nicht besonders dick, so kann man sie ohne Bedenken als eine gerade Linie annehmen, da die Differenz oder der Unterschied unmerklich ist.

der Brechung irgend wo auf der Axe oder der geraden Linie D C I; der Brennpunkt des mittleren Strahlenkegels F B A irgendwo auf F C H und der Brennpunkt des dritten Strahlenkegels auf E C G seyn. Drittens muß der gebrochene Brennpunkt eines jeden Strahlenkegels auf derjenigen Seite der Axe der Linse seyn, die der entgegengesetzt ist, auf welcher sich der einfallende oder strahlende Brennpunkt befindet; zum Beyspiele: der gebrochene Brennpunkt I, ist unter der Axe der Linse, indes der einfallende oder strahlende Brennpunkt D über derselben ist, und der gebrochene Brennpunkt G dargegen ist über der Axe, indes sein strahlender Punkt E unter derselben ist, wovon die Folge ist, daß, wenn der Gegenstand D E stark genug leuchtet und ein Stück weißes Papier, oder ein anderer flacher dunkler Körper bey G I angebracht wird, sich von dem Gegenstande D E, ein Bild, wiewohl in umgekehrter Stellung darauf zeigen wird. Nimmt man den dunklen Körper hinweg, so wird ein an der einen Seite stehender Beobachter kein Bild mehr sehen, denn die Lichtstrahlen gehen, ob sie gleich bey ihren respektiven Brennpunkten in I H G zusammen fallen, doch hinter dieser Stelle divergirend durch die Luft oder einen anderen durchsichtigen Körper fort, und es kommt keiner von ihnen zu dem an der Seite stehenden Beobachter. Wird das Papier in einer größeren oder geringeren Entfernung von der Linse als die Stelle G I davon entfernt ist, gehalten, so wird darauf nur ein unvollkommenes oder überhaupt gar kein Bild sichtbar, weil die Strahlen der respektiven Strahlenkegel, an keiner anderen Stelle zusammen fallen.

Aus dem was oben in Bezug auf die zusammen gehörigen Brennpunkte eines und desselben Strahlenkegels ist gesagt worden, ergiebt sich deutlich, daß, wenn der Gegenstand D E der Linse näher gebracht wird, die gebrochenen Brennpunkte, oder das Bild G H I,

weiter von der Linse entfernt gebildet werden muß, und so auch umgekehrt. Und daraus folgt denn, daß, (da die, bey dem Mittelpunkte der Linse durch die Axen der zwey äußersten Strahlenkegel gebildeten Winkel D C E und G C I gleich sind, *) wenn die Entfernung des Gegenstandes von der Linse der Entfernung des Bildes von der Linse gleich ist, dann die Größe des Bildes der des Gegenstandes gleich ist; daß aber, wenn die Entfernung des Gegenstandes von der Linse kleiner ist, als die Entfernung des Bildes von ihr, das Bild größer ist als der Gegenstand und endlich daß wenn jene Entfernung größer ist als die letztere, das Bild kleiner ist als der Gegenstand.

Was die Helligkeit oder den Glanz dieses Bildes betrifft, so muß man erwägen, daß von den unzähligen Strahlen, die von jedem Punkte, zum Beyspiele von dem Punkte D des Gegenstandes unaufhörlich nach allen Richtungen hin ausgehen, eine beträchtliche Anzahl, als: D A B, auf die Linse fallen und in einen einzelnen Punkt I zusammenfahren, und daß also dieser Punkt mehr oder weniger hell erscheinen muß, je nachdem die Oberfläche der Linse größer oder kleiner ist. Daraus läßt sich auch die sehr merkwürdige Eigenschaft dieser Linsen leicht erklären, daß, wenn auf diese Art ein Bild G H I hervorgebracht worden ist, und man einen Theil der Linse, entweder in der Mitte oder an den Seiten verdeckt, dadurch das Bild I G nicht zum Theil unsichtbar gemacht wird, sondern daß man dasselbe noch wie zuvor seiner ganzen Gestalt nach sieht, jedoch mit dem Unterschiede, daß es nicht mehr so hell erscheint als vorher; denn wenn man jeden unbestimmten Theil der Linse betrachtet, so kann man leicht einsehen, daß von jedem Punkte des Gegenstandes Lichtstrahlen durch diesen Theil gehen und bey ihren respektiven Brennpunkten in G H I zusammenfallen müssen.

*) Euklids Elemente, Buch 1. Satz 15.

Die obige Erklärung des Ganges verschiedener Strahlenkegel durch eine erhabene Linse, kann auch, mutatis mutandis, leicht auf die Erklärung der Wirkung von Hohllinsen angewendet werden.

Ueberhaupt muß man sich erinnern, daß eine bikonvexe, so wie eine planokonvexe Linse und auch der Meniskus machen, daß die durch sie gehenden Lichtstrahlen stärker gegen einander gebogen werden, oder weniger auseinander fahrend fortgehen, als vorher. Doch erstreckt sich diese Wirkung nur bis zu ihrem Zusammentreffen, oder ihren Brennpunkten, denn hinter dieser Stelle gehen sie auseinander fahrend fort. Dargegen machen bikonkave, planokonkave und konkavkonvexe Linsen, daß die durch sie gehenden Strahlen stärker auseinander fahren, oder weniger gegen einander gebogen fortgehen, als vor dem Einfallen derselben in die Linse.

Zum Schlusse dieses Kapitels will ich noch einige leichte Versuche beschreiben, welche die meisten der angegebenen Eigenschaften der Linsen auf eine faßliche Art beweisen.

Man nehme eine hohle Glaskugel oder einen Kugelförmigen Abklärer (decanter) und befestige an der einen Seite desselben ein Stück braunes Papier, in welchem man ein Loch, dessen Größe ohngefähr den vierten Theil des Durchmessers der Kugel beträgt, ausgeschnitten hat. Darauf fülle man das Gefäß mit Wasser an und stelle es so der Sonne aus, daß die bedeckte Seite desselben gegen sie gerichtet ist, so werden die durch das in das Papier geschnittene Loch und durch das Wasser gehenden Strahlen, auf der anderen Seite der Kugel, in einen Brennpunkt oder in einen runden und gut umschriebenen Fleck vereinigt werden, den man auf einem Stück Pa-

pier auffangen kann, und wenn man die Entfernung desselben von der Kugel misset, so wird man finden, daß sie der Hälfte des Durchmessers der letzteren gleich ist. Wird dieser Versuch mit der leeren Kugel wiederholt, so wird kein Brennpunkt gebildet. Füllt man die Kugel, statt sie mit Wasser zu füllen, mit Terpentingeist an, so wird man finden, daß die Brennpunktsentfernung oder die Brennweite kürzer ist, als wenn die Kugel mit Wasser angefüllt ist. Der Grund davon ist: weil die brechende Kraft des Terpentingeistes stärker ist als die des Wassers. Macht man den Versuch mit einer massiven Glaskugel, so wird die Brennpunkts-Entfernung von dem nächsten Theile der Oberfläche derselben dem vierten Theile ihres Durchmessers gleich seyn.

Der Grund, warum die eine Seite der Kugel mit einem ausgeschnittenen Papiere muß bedeckt werden, ist, weil, wenn die ganze Kugel dem Lichte ausgesetzt wird, die auf die mehr nach außem zu liegenden Stellen derselben fallenden Strahlen, dann ihre gebrochenen Brennpunkte näher an der Kugel haben, als diejenigen, welche näher bey der Achse auffallen. Alle diese Brennpunkte bilden die Brechungs-Brennlinien, welche krumme Linien man auf folgende Art beobachten kann:

Wenn das Licht der Sonne oder einer Kerze u. dgl. m. durch eine Glaskugel, sie sey nun massiv oder hohl und mit Wasser, Terpentingeist u. s. w. angefüllt, gebrochen wird und auf ein Tafeltuch, oder ein Stück weißes Papier fällt, das man mit der Axe des Lichtes parallel und sehr nahe an dieselbe hält, so ist die dadurch gebildete helle Figur von zwey hellen krummen Linien begrenzt, welches die erwähnten Brennlinien sind und die sich, so wie sie sich von der Kugel entfernen, einander und der Axe des Kegels so lange nähern, bis sie die letztere berühren und an diesem

Punkte einen spitzigen Winkel bilden, dessen Spitze oder Scheitelpunkt der Hauptbrennpunkt des Lichtkegels ist.

Wenn man die eine Seite einer konvexen oder erhabenen Linse mit Papier bedeckt, in welches mit einer Nadel mehrere kleine Löcher gestochen worden, und sie in gerader Richtung der Sonne aussetzt, so werden die durch jene Löcher gehenden Strahlen, wenn man sie auf ein Papier, welches man hinter dem Glase ziemlich nahe an dasselbe hält, fallen läßt, als eben so viele weiße Flecken auf demselben erscheinen, die allmählig immer näher zusammenkommen, wenn das Papier von der Linse zurückgezogen wird, bis sie sich endlich in einem einzigen Fleck vereinigen, welcher der Brennpunkt ist. Das ist auch die Ursache, warum dieser Fleck so hell und glänzend ist und warum er mit so großer Kraft brennt, wie man aus Erfahrung weiß, daß er es thut. Wenn man die Linse ein wenig beugt, so wird dadurch dieser Brennpunkt nicht merklich verändert. Wird aber das Papier noch weiter von der Linse zurückgezogen, so trennen sich die Flecken wieder, und fallen auch nicht weiter zusammen, weil die Strahlen hinter diesem Brennpunkte aus einander fahrend fortgehen.

Wenn dieser Versuch mit einer Hohllinse gemacht wird, so fallen die Flecken nie zusammen, sondern man wird finden, daß sie sich in eben dem Verhältnisse immer weiter von einander entfernen, in welchem das weiße Papier von der Linse zurückgezogen wird.

Wenn man von einer konvexen Glaslinse die Brennpunkts-Entfernung oder Brennweite EF, Fig. 7. Taf. XXI. gefunden hat, so befestige man die Linse flach vor einem mäßigen Loche, das in ein dünnes Bret CE gemacht worden, und stelle dieses Bret auf einer langen Tafel oder auf dem Fußboden auf. Durch den Punkt C, gerade unter dem Mittelpunkte der Linse, ziehe man eine lange, auf dem Brete senkrechte Linie AB und

messe oder bestimme auf derselben die Hauptbrennpunkts-Entfernung der Linse von C bis zu F und von F zu I, von I zu II, von II zu III u. s. w. und thue dies auch auf der anderen Seite von C zu f, von f zu 1, von 1 zu 2, von 2 zu 3 u. s. w. Dann nehme man $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. w. dieser Brennpunkts-Entfernung und trage sie von F gegen I auf die Linie auf, und thue dies auch von f gegen 1, und setze zu diesen Abtheilungspunkten die Zahlen $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, wie auf dem Kupfer angegeben ist. Darauf verfinstere man das Gemach und setze bey Q über die Zahl I ein brennendes Licht, so wird man sehen, daß die durch die Linse gehenden Strahlen sich auf einem über die gegenüberstehende Zahl I gehaltenen Papiere bey q vereinigen werden, und daß, wenn das Licht bis zu II und das Papier bis zu 2 zurückgezogen wird, die Strahlen sich auch hier vereinigen werden, und daß dies auch eben so geschehen wird, wenn das Licht und Papier bis zu III und $\frac{1}{3}$ und IV und $\frac{1}{4}$ u. s. w. zurückgezogen werden, ja man bekömmt auch dann diese Wirkung, wenn man die Stellungen zwischen dem Lichte und dem Papiere verwechselt. Man sieht, daß fq in eben dem Verhältnisse abnimmt, in welchem FQ zunimmt, und so verhält sich's auch im umgekehrten Falle.

„Wenn alles so bleibt, wie es bisher beschrieben worden und dann an die eine Seite des Lichtes und in der nemlichen Entfernung von der Linse, noch ein zweytes Licht gestellt wird, so wird die Vereinigung der Strahlen desselben ein anderes Bild auf dem Papiere q an der entgegengesetzten Seite der Axe QEq hervorbringen, und man wird finden, daß sich die Entfernung zwischen den beyden Bildern, zu der Entfernung zwischen den Lichtern eben so verhalten wird, wie sich die Entfernung der Bilder von der Linse zu der Entfernung der Lichter von derselben verhält. Diese Beobachtungen

sind eine Bestätigung des Grundes, den man angiebt, warum das Bild eines einzelnen Lichtes in umgekehrter Stellung auf dem Papiere erscheint, und warum die Größe desselben verändert wird, wenn man seine Stelle verändert; denn das was man von zwey Lichtern beobachtet hat, läßt sich auch auf jede beliebige zwey andere Punkte des nemlichen Lichtes anwenden *).

Wird bey einem der erwähnten Versuche ein Theil der Linse mit irgend einem undurchsichtigen Körper, zum Beyspiele, mit einem Stück braunem Papier, bedeckt, so kann man das ganze Bild des einzelnen Lichtes, oder der beyden Lichter genau eben so gut sehen, als wenn die ganze Linse unbedeckt bleibt. Nur wird es denn nach Verhältniß der bedeckten Oberfläche der Linse weniger hell erscheinen.

Sechstes Kapitel.

Beschreibung des Auges und des Sehens.

Die Empfindung von Gegenständen, die durch die Wirkung des Lichtes, bey uns hervorgebracht wird, nennt man das Sehen, und das Werkzeug oder Organ, welches den Eindruck von jener Wirkung bekömmt und durch welches die Empfindung dem Sensorium mitgetheilt wird, ist das Auge, deren der Mensch zwey und kein bekanntes Thier weniger als zwey hat.

Das Auge scheint seinem Bau und seiner Einrichtung nach, in Vergleichung mit den übrigen äußeren

*) Man sehe Smiths Optik Buch 1. Kap. 2.

Sinnen des menschlichen Körpers, am besten bekannt zu seyn; indessen wissen wir doch nicht mehr davon, als daß in dem Auge von den Gegenständen, die wir wahrnehmen, ein Gemälde oder ein Bild gezeichnet wird, so lange die Gegenstände sich vor demselben befinden, und daß das Auge so gebaut ist, daß es nach Beschaffenheit der Umstände seine Einrichtung ändern kann, um jenes Bild zu bekommen, oder in sich aufzunehmen. Aber wir maßen es uns nicht an, die Art, wie sich die Empfindung dieses Bildes durch den Nerven, auf dessen Fortsetzung dasselbe hervorgebracht wird, dem Sensorium mittheilt, zu erklären.

Um zu zeigen, wie dieses Bild entsteht, u. s. w. ist es nothwendig, die wundervolle Einrichtung und Wirkung des Auges zu beschreiben; damit aber dem Anfänger die Erklärung dieser Wirkung und die Beschreibung der Theile des Auges desto verständlicher werde, will ich ihr eine kurze Angabe des Grundsatzes vorausgehen lassen, auf den die Einrichtung der Camera obscura (oder dunkeln Kammer) gegründet ist.

Wenn in den Fensterladen eines verdunkelten Zimmers oder in einen dunklen Kasten ein kleines Loch gemacht wird und vor demselben außerhalb des Zimmers oder des Kastens durch die direkten Sonnenstrahlen erleuchtete Gegenstände, zum Beyspiele Thiere, Bäume u. s. w. befindlich sind, so sieht man in dem Zimmer auf der gegenüberstehenden Wand, oder auf einem gegen das Loch gehaltenen Schirm, ein umgekehrtes Bild von diesen Gegenständen, das jedoch unvollkommen und undeutlich ist. Wenn das Loch sehr klein ist, wenn es, zum Beyspiele, ohngefähr den zehnten Theil eines Zolls im Durchmesser hat, so können nur wenig Strahlen durch dasselbe gehen und daher ist das Bild nur schwach. Ist aber das Loch beträchtlich größer, dann kommen die zu einem jeden leuchtenden oder strahlenden Punkte gehöri-

gen verschiedenen Strahlen divergirend durch dasselbe, und werden auf der Wand oder dem Schirme zerstreut, so daß das Bild sehr undeutlich wird. In beyden Fällen werden die Strahlen mehr oder weniger durch die Ränder oder Seiten der Oeffnung gebogen.

Bringt man an dem Loche eine konvexe oder erhabene Linse an, so wird sich auf dem in dem Zimmer befindlichen Schirm, ein schönes aber umgekehrtes Bild der äußerlichen Gegenstände in ihren natürlichen Farben zeigen. Soll dies jedoch geschehen, so muß der Schirm in die Brennpunksentfernung der Linse gestellt werden, und diese Entfernung oder Brennweite verändert sich, je nachdem die Entfernung der äußeren Gegenstände von dem Zimmer verändert wird. *) Daher können nicht alle die äußeren Gegenstände gut umschrieben und gehörig abgebildet auf dem Schirme erscheinen, denn da sie sich in ungleichen Entfernungen von derselben befinden, so müssen die Brennweiten innerhalb des Zimmers ebenfalls ungleich seyn und folglich kann der Schirm zwar für einige, aber nicht für alle passend gestellt werden. Sind jedoch die äußeren Gegenstände nicht sehr nahe, so werden sie sich auf dem Schirme, wenn auch der Standpunkt desselben nicht verändert wird, dennoch deutlich zeigen und es wird sich ein angenehmes Bild des Ganzen darstellen.

Durch Einsetzung einer solchen erhabenen Linse in das Loch der dunkeln Kammer erhält man mehrere Vortheile. Erstlich werden die durch die Linse gebrochenen Lichtkegel genöthiget nach ihren respektiven Brennpunkten zu konvergiren oder zusammenzufahren; daher ist es vortheilhaft ein großes Loch zu machen und eine grosse Linse dabey anzubringen, weil dann von jedem einzel-

*) Man sehe hiebey, was oben von den vereinigten Brennpunkten der Linsen ist gesagt worden.

nen Punkte der Gegenstände eine große Lichtquantität einfallen kann, und zweytens wird auch durch ein grosses Loch die Beugung des Lichtes verhütet.

Die folgende Beschreibung des Auges wird zeigen, daß es die vortrefflichste Camera obscura oder dunkle Kammer ist, und daß es alle dazu erforderlichen Eigenschaften im höchsten Grade der Genauigkeit und Zartheit besitzt. Es ist ein dunkler Raum, der eine Oeffnung zum Eindringen des Lichtes und Linsen hat, welche an dem hinteren Theile seiner Hohlung ein Gemälde von äußeren Gegenständen bilden können, und dabey ist es auch noch im Stande sich innerhalb gewisser Grenzen den Gegenständen nach ihrer Entfernung gehörig anzupassen, oder sich die gehörige Einrichtung zu geben *).

Fig. 8 Taf. XXI. stellt den Durchschnitt eines Menschenauges, aber größer als nach seiner gewöhnlichen Größe dar. Seine Gestalt ist beynahe kugelförmig. Das was man von dem Auge eines lebendigen Wesens sieht, ist ein Theil einer erhabenen oder gekrümmten weißen Hervorragung, die auf einer gestrahlten Basis ruht und bey verschiedenen Personen eine verschiedene Farbe hat, u. s. w. Dieser sichtbare Theil des Auges ist, wie er sich von vorne gesehen zeigt, durch Fig. 9 und der Theil ABECD, des Durchschnittes Fig. 8 abgebildet und B E C ist der durchsichtige Theil desselben. Der hintere Theil A F D, ist von sechs Muskeln umgeben, deren Endpunkte an der äußeren Haut des Auges stark befestigt sind und deren Bestimmung ist, es nach den verschiedenen nöthigen Richtungen zu bewegen. Die umständliche

*) Das Auge ist im Stande seine Einrichtung zu ändern und seine Gesichtsweite größer zu machen, aber auch kleiner, und in beyden Fällen noch deutlich zu sehen, und die Grenzen, in welchen ein gutgebautes Auge, das fähig ist seine Einrichtung stark zu ändern, mit ziemlicher Deutlichkeit sehen kann, lassen sich sehr weit ausdehnen. T.

Beschreibung dieser Muskeln aber gehört nicht hieher.

Der Augapfel besteht aus den äußeren Häuten A B E C D F A und aus inneren Feuchtigkeiten, welche die ganze Hohlung anfüllen und die Häute beynahe kugelförmig ausgespannt erhalten.

Die Membranen, Häute oder Bedeckungen des Auges sind folgende: die äußere, ist eine harte oder feste Haut und heist: die Sklerotika, die harte Haut, deren vorderer Theil, nemlich B E C durchsichtig und stärker gekrümmt ist und daher die Hornhaut (cornea) oder die durchsichtige hornartige Substanz, genannt wird. Der an der Hornhaut liegende Theil, nemlich A B, D C, ist weiß und wird daher gewöhnlich das Weiße des Auges genannt. Die zweyte unter der harten Haut (sclerotica) liegende Haut, wird die Aderhaut, (braune Haut, Gefäßhaut, Choroides) genannt. Diese verbreitet sich oder dehnt sich bey a b unter der Hornhaut aus und bildet den gefärbten Theil des Auges a e, b c, welcher die Iris genannt wird *). Sie besteht aus muskulösen Fibern oder Bändern, die in einer zwiefachen Richtung angebracht sind, indem einige strahlenähnlich sind und nach dem Mittelpunkte zu laufen und andere kreisförmig. Beynahe in ihrem Mittelpunkte ist die Iris mit einer runden Oeffnung durchbohrt, welche der Stern, die Pupille genannt wird. Dieser Stern behält nicht immer einerley Größe, denn er wird durch die Zusammenziehung oder die Ausdehnung (Erschlaffung) der Fibern der Iris, größer oder kleiner; wenn nemlich die strahlenähnlichen Fibern zusammengezogen und die kreis- oder ringförmigen ausgedehnt oder erschlafft werden, so wird die Pupille größer, und wenn die letzteren zusammengezogen und die ersteren aus-

*) Man sehe auch Fig. 9, wo das Auge von vorne abgebildet ist. (Die Iris heißt auch Regenbogenhaut.)

gedehnt werden, so wird sie kleiner. *) Die Farbe der Iris ist bey verschiedenen Personen verschieden; sie scheint aber keinen Zusammenhang mit irgend einer besonderen Beschaffenheit der Constitution oder der Bildung des menschlichen Körpers zu haben.

Unter der Iris ist eine Verlängerung d f der Aderhaut (choroides), die ein ringförmiges Fibernband bildet, das die krystallinische Feuchtigkeit d o f umschließt. Dies ringförmige Band heißt das Strahlenband, (ligamentum ciliare).

An dem hinteren Theile des Auges, jedoch nicht genau der Pupille entgegenstehend, bemerkt man eine Verlängerung der Häute des Auges. Diese Verlängerung umgiebt einen Nerven, der von dem Gehirne ausgeht und der Sehnerve, (nervus opticus) genannt wird. Der innere, oder markige Theil desselben überzieht die Aderhaut bis an den Ursprung der Strahlenfasern d f hin, und bildet die innerste Haut des Auges, welche die Netzhaut, (retina,) heißt, (und also eine Verbreitung des ins Auge eingetretenen Markes des Sehnerven ist). Dies ist eine dünne weiße Haut, welche dem feinsten Netze oder der feinsten Leinwand gleicht *).

*) Dies ist eine bewundernswürdige Einrichtung! Sie ist es nemlich, welche der Pupille, sie mag sich nun erweitern oder verengern, immer ihre kreisförmige Gestalt erhält.

Die Pupille ist selten mit der Iris vollkommen concentrisch. Ihre Oeffnung ist beträchtlich verschieden nach der Verschiedenheit der Individuen. Bey einigen Personen hat der Durchmesser derselben in ihrem verengerten Zustande ohngefähr ein Zehntheil eines Zolles und wenn sie am stärksten erweitert ist, ist er größer als ein Viertheil eines Zolles; bey anderen ist er weniger verschieden.

*) Der Sehnerve tritt nicht genau in die Are, oder in die Mitte des Auges, das heißt: nicht in der geraden Linie E I, die man als in einer senkrechten Richtung auf die Hornhaut

Die beschriebenen drey Häute enthalten drey durchsichtige Feuchtigkeiten, welche die wässerigte, die krystallinische und die gläserne Feuchtigkeiten genannt werden.

Die krystallinische Feuchtigkeit dosf, ist eine feste, zelligte, durchsichtige Substanz in der Gestalt einer bikonvexen Linse, deren hintere Oberfläche dof stärker gekrümmt ist als die andere dsf. *) Diese Linse hängt mit ihrem ganzen Rande an dem Strahlenbande, (ligamentum ciliare). Die ganze, zwischen der Hornhaut und der krystallinischen Feuchtigkeit befindliche Hohlung ist mit einer Flüssigkeit angefüllt, welche man die wässe-

und auf die Krystalllinse durch das Auge gehend annimmt, ein, sondern er weicht in einem jeden Auge von der Axe nach der Nase zu, ohngefähr um den vierzehnten Theil des ganzen Umfanges des Auges ab; diese Entfernung ist aber nicht in allen Augen die nemliche.

Wer eine genauere Beschreibung der Augenhäute, so wie auch der Gefäße, Drüsen u. s. w. dieses Organs, die hier nicht an ihrem rechten Orte stehen würde, zu haben wünscht, der findet sie in den Schriften der Anatomiker.

*) Es ist so ziemlich die Meinung der meisten Anatomiker, daß die Krystalllinse aus muskulösen Fibern oder Fasern bestehe. Die eigenthümliche Schwere derselben ist ohngefähr 1, 1, also nur sehr wenig größer als die des Wassers. Ihre Consistenz und folglich auch ihre Brechungskraft ist nicht immer gleichförmig. „Im Ganzen, sagt Doctor Young, ist es wahrscheinlich, daß sich die brechende Kraft der menschlichen Krystalllinse im lebenden Zustande zu der des Wassers wie 18 zu 17 verhält; daß das nach dem Tode eingesaugte Wasser, sie zu dem Verhältnisse von 21 zu 20 reduzirt, daß aber ihre Wirkung in dem Auge, für ihre ganze Größe, wegen der ungleichen Dichtigkeit der Linse, einer Brechung von 14 zu 13 gleich ist." Man sehe die philosophischen Transactionen für 1801. S. 42.

rigte Flüssigkeit nennt. *) Das Uebrige, nemlich das was den größten Theil der Augenhöhle ausmacht, also ofmlkdo, ist mit einer anderen Flüssigkeit angefüllt, welche die gläserne Feuchtigkeit heißt **).

Bey Fig. 8 und 9 ist das Auge, der größeren Deutlichkeit wegen, größer als es in der Natur zu seyn pflegt und auch nicht nach einem genauen Verhältnisse abgebildet. Die eigentlichen Dimensionen aber, die man nach einer großen Anzahl wirklicher Messungen bestimmt hat, findet der Leser in der untenstehenden Anmerkung +).

*) Es ist dies ein sehr helles Wasser und in Ansehung der Consistenz, der eigenthümlichen Schwere und der brechenden Kraft dem Wasser ähnlich.

**) Diese Feuchtigkeit, von welcher das Auge bey weitem am meisten enthält, besteht aus kleinen Zellen, welche von einer hellen wässerigen Flüssigkeit ausgefüllt werden. In Ansehung der eigenthümlichen Schwere und der brechenden Kraft übertrifft sie Wasser nur um ein weniges.

+) Dimensionen des menschlichen Auges, nach einem Mittel aus mehreren Messungen, in Decimallinien eines englischen Zolles.

Der Durchmesser des Auges von einer Außenseite bis zur anderen, ein Mittel aus sechs Augen erwachsener Personen genommen 0, 940.
Entfernung der äußeren Oberfläche der Hornhaut von der nächsten Oberfläche der Krystalllinse 0, 104.
Halbmesser der Krümmung der Hornhaut 0, 333.
Halbmesser der Krümmung der vorderen Fläche der Krystalllinse, ein Mittel aus 26 Augen genommen 0, 331.
Halbmesser der Krümmung der hinteren Fläche der Krystalllinse, ein Mittel aus eben so viel Augen genommen 0, 250.
Dicke der Krystalllinse, ein Mittel aus der nemlichen Zahl von Augen genommen 0, 185.
Dicke der harten Haut ohngefähr 0, 025.
Dicke der Oberhaut und der Netzhaut zusammen ohngefähr 0, 015.

Wenn das Auge offen ist und vor demselben sich helle oder erleuchtete Gegenstände befinden, so werden auf der Netzhaut, durch die brechenden Kräfte der erwähnten drey Häute, umgekehrte Bilder jener Gegenstände hervorgebracht. Wenn von dem hinteren Theile eines frischen Auges die dickeren Häute hinweggenommen werden, und nun das so zubereitete Auge gegen gut erleuchtete Gegenstände gerichtet wird, so können die Bilder derselben durch die noch übrige dünne Haut deutlich erkannt werden.

Wer den Gang paralleler oder solcher Strahlen, die von einem sehr entfernten hellen oder leuchtenden Punkte kommen, verfolgen und zeichnen will, welches man leicht nach den in der Anmerkung angegebenen Messungen und dem was S. 190 gesagt worden, bewerkstelligen kann, der wird finden, daß sie durch die Brechungen aller der Feuchtigkeiten, durch welche sie gehen müssen, zu einem Brennpunkte auf der Netzhaut werden gesammelt werden, welcher dann auch die wahre Stelle des Bildes ist. Aber es ist auch eben so einleuchtend, daß wenn diese Stelle die Brennweite für parallele Strahlen ist, sie nicht auch die Brennweite für auseinanderfahrende Strahlen seyn könne, oder mit anderen Worten: daß, wenn die Gegenstände nur wenige Fuß von dem Auge entfernt sind, ihre wahren Bilder weiter rückwärts müssen erzeugt werden, und daß folglich ihre Bilder auf der Netzhaut unvollkommen seyn müssen

Der Sinus des Einfallswinkels verhält sich zu dem Brechungswinkel bey F, das heißt: aus der Luft in die Hornhaut und die wässerigte Feuchtigkeit, wie aus der Luft in Wasser, oder beynahe wie 4 zu 3. Bey s, das heißt von der wässerigten Feuchtigkeit in die krystallinische, ist das Verhältniß der Brechung beynahe wie 13 zu 12; und bey o das heißt von der krystallinischen in die gläserne Feuchtigkeit, ist es beynahe wie 12 zu 13.

müssen, wenn nicht die Netzhaut durch eine Verlängerung der Axe des Auges, *) weiter zurückgebracht, oder die Brennweite durch die Veränderung irgend eines anderen Theiles verkürzt wird. Da wir aber sowohl entfernte als auch nahe Gegenstände deutlich erkennen können, so ist es offenbar, daß eine Veränderung der Art nothwendig statt haben müsse und auch wirklich statt habe. Und dies nennt man die Einrichtung oder die Bequemung des Auges zum deutlichen Sehen; aber es ist schwer zu bestimmen wie diese Einrichtung bewirkt wird.

Einige haben die Möglichkeit derselben einer Veränderung in der Länge des Auges, andere aber einer Veränderung der Krümmung der Hornhaut zugeschrieben; allein einige ganz neuerlich darüber gemachte Versuche, machen diese Veränderungen unwahrscheinlich, oder beweisen doch daß sie nicht so viel erklären, als sie erklären sollen. Andere scharfsinnige Phisiker haben diese Veränderungen einer Abänderung entweder der Gestalt oder der Lage der Krystallinse oder beyder zugeschrieben, und diese Meynung scheint im Ganzen der Wahrheit am nächsten zu kommen **).

Daß das Auge nicht im Stande ist zu gleicher Zeit nahe und entfernte Gegenstände gleich deutlich zu sehen, kann leicht bewiesen werden. Man bringe, zum Bey-

*) Die Augenaxe nennt man die gerade, mitten durch den Augenstern gehende und auf die vordere Fläche des Auges senkrechte Linie. T.

*) Wer mehr Belehrung darüber zu haben wünscht, der findet sie in: Priestleys Geschichte des Gesichts, des Lichtes und der Farben; Olber de oculi mutationibus internis; und in Youngs Abhandlung in den philosophischen Transactionen für 1801. Artikel 2. Von deutschen Schriften sehe man darüber Gehlers physikalisches Wörterbuch, Artikel Auge.

spiele, einen Baum, ein Haus oder irgend einen anderen Gegenstand in eine Entfernung von mehr als fünfzig Fuß von dem Beobachter. Dann schließe er das eine Auge und halte, indem er mit dem offenen nach dem Baume u. s. w. hinsieht, eine Nadel, einen Pinsel oder einen anderen Gegenstand in der nemlichen Richtung, ohngefähr einen Fuß von dem Auge entfernt, vor dasselbe, so wird er finden, daß ihm, wenn er die Nadel deutlich sieht, der Baum undeutlich erscheint, daß ihm aber dann wenn er sein Auge so einrichtet, daß er den Baum deutlich sehen kann, die Nadel undeutlich erscheinen wird.

Die Augen Einiger sind dieser Einrichtung in höherem Grade fähig als die Anderer. Bey alten Personen werden die Feuchtigkeiten dicker und die Theile weniger biegsam, daher können sich ihre Augen nicht so leicht einrichten als die Augen junger Personen.

Einige können ihre Augen besser für entfernte als für nahe Gegenstände einrichten, bey anderen aber verhält sich die Sache umgekehrt. Wenn das Auge fehlerhaft ist und wegen der Größe oder der übrigen Bildung desselben parallele Strahlen ihre Brennpunkte früher bilden, als sie auf der Netzhaut anlangen, dann kann die Person blos sehr nahe Gegenstände sehen. Dergleichen Menschen nennt man Myopes oder Kurzsichtige. Ist das Auge flacher als gewöhnlich, so werden die Strahlenbrennpunkte von ziemlich nahen Gegenständen hinter der Netzhaut gebildet. Personen welche Augen dieser Art haben, nennt man Weitsichtige, (Presbytae;) — sie können ihre Auge blos für Gegenstände jenseits einer gewissen Entfernung einrichten, (oder sie sehen blos weit entfernte Sachen deutlich, die nahen aber schlecht.) In diesem letzteren Falle befinden sich gewöhnlich alte Personen. Indessen können sich die Augen alter Personen weder für sehr nahe noch auch für sehr entfernte Gegens

stände einrichten. Die Ursache davon ist eine Steifigkeit oder ein Mangel der Beugsamkeit der Theile. *)

Diesen Mängeln oder Unvollkommenheiten kann grossen Theils durch den Gebrauch zweckmäßiger Gläser oder Brillen abgeholfen werden, denn da bey kurzsichtigen Personen die Lichtstrahlen zu bald in einen Brennpunkt zusammenfahren, nemlich ehe sie an die Netzhaut kommen, so müssen Hohllinsen, welche das Zusammenfahren der Strahlen vermindern, (oder verzögern,) dieser Unvollkommenheit abhelfen; da dies im Gegentheile für solche, welche blos entfernte Gegenstände ziemlich deutlich sehen können, in deren Augen also die Strahlen nicht bald genug konvergiren, konvexe Linsen thun werden.

Hat der Fehler seinen Grund in Steifheit der Theile, wie dies bey einigen alten Personen der Fall ist, so muß man sich, um entfernte Gegenstände zu sehen, der Hohlgläser bedienen, der erhabenen aber, wenn man nahe Gegenstände sehen will, denn die Augen solcher Personen können sich weder für den einen noch für den anderen Fall einrichten. **)

*) Oft werden diese Fehler durch blose Gewohnheit bewirkt oder vermehrt. Dahin gehört: wenn man sich beständig gewöhnt die Gegenstände entweder zu nah, oder in einer zu großen Entfernung zu sehen; auch können sie ihren Grund in dem Gebrauche unrechter Gläser haben.

**) Der wesentliche und ausgebreitete Nutzen der Brillen, die einer so großen Anzahl Menschen das Leben erleichtern, die sonst sich selbst und der Gesellschaft zur Last seyn würden, ist ein Beweis davon, daß die Optik eine höchst nützliche Wissenschaft ist.

Man hat keine Mühe gespart, die Brillen so vollkommen als möglich zu machen und es sind von Zeit zu Zeit dem Publikum eine Menge Erfindungen, die zu diesem Behuf gemacht worden, mitgetheilt worden. Man hat Brillen mit zwey Linsen für jedes Auge gemacht; man hat den Linsen

Die Fähigkeit sich einzurichten haben verschiedene Augen in einem größeren oder geringeren Grade, ja sie ist bey den beyden Augen eines und desselben Menschen oft verschieden. Es giebt aber für alle Augen eine Grenze, bey der das Gesicht nicht mehr deutlich ist, und sie heißt die Grenze des deutlichen Sehens. Bey einigen Personen ist sie so kurz oder nahe, daß ihre Entfernung nur Einen Zoll beträgt, bey anderen aber erstreckt sie sich über zwanzig Zoll, man findet

eine plan-konvexe oder plan-konkave Form und auch andere Gestalten gegeben. Ueberhaupt genommen aber sind einfache entweder bikonkave oder bikonvexe Linsen von reinem Glase, wenn sie gut polirt oder geschliffen und regelmäßig geformt sind, die besten.

Wenn die Augen anfangen vom Alter zu leiden, so geben die Optiker solchen Personen Brillenlinsen die ohngefähr 40 Zoll Brennpunkt haben, und Gläser der Art heisen deshalb Numero eins, oder Gläser des ersten Gesichts, das heißt Gläser für solche Augen die anfangen vom Alter zu leiden. Ich finde aber zwischen den Brennweiten von Brillen von Numero eins, die von verschiedenen Optikern gemacht worden, eine beträchtliche Verschiedenheit. Wenn die Brennpunktslänge ohngefähr 16 Zoll ist, so gehören die Linsen zu Numero zwey. Bey denen von Numero drey ist die Brennpunktslänge ohngefähr 12 Zoll. Zehn Zoll bezeichnen sie mit Numero vier. Neun Zoll mit Numero fünf. Acht Zoll ist die Brennpunktslänge von Numero sechs. Sieben Zoll von Numero sieben. Sechs Zoll von Numero acht, und zuweilen geben sie den Brillen auch einen noch kürzeren Brennpunkt. Auch Hohlbrillen werden auf ähnliche Art numerirt und bezeichnet.

Bey der Wahl der Brillen thut man am besten, wenn man sie probirt und nach seinem Auge untersucht. Man muß jedoch dabey auch darauf sehen, daß man keine Brille wählt, welche stärker vergrößert als gerade nöthig ist, um bequem lesen zu können, oder andere Zwecke zu erreichen.

Kann man nicht mehrere Brillen wirklich versuchen, so kann man die Kürze des Gesichtes, oder die Entfernung bis zu der es reicht, durch die Entfernung bestimmen, in wel-

aber, daß sie gewöhnlich zwischen sechs und zehn Zollen liegt. *)

Die ganze Netzhaut ist ihrer ganzen Ausdehnung nach fähig das vollkommenste Bild von Gegenständen aufzunehmen. Indessen giebt es doch einen einzelnen Fleck, wo kein Sehen mehr statt hat, und dieser Fleck, dessen Durchmesser ohngefähr den vierzigsten Theil eines Zolls beträgt, liegt genau bey dem Eintritte des Sehnerven (in das Auge;) man kann daher das Bild eines Gegenstandes, das bey dem hinteren Theile des Auges auf diesen Fleck fällt, wenn das andere Auge geschlossen ist, nicht wahrnehmen. Das wirkliche Daseyn dieses Flecks oder dieser Stelle, (die man die unempfindliche nennen kann,) kann durch folgenden Versuch überzeugend dargethan werden.

Man befestige an einer Wand drey Stücke Papier von verschiedener Gestalt, wie A B C Fig. 10 Taf. XXI. ohngefähr zwey Fuß weit von einander; dann stelle sich eine Person, welche das eine ihrer Augen verschlossen

cher man noch lesen kann — da denn darnach die Gläser ziemlich genau können gemacht werden. Doctor Potterfield hat vor einigen Jahren ein Instrument zur Bestimmung der Grenzen des deutlichen Sehens, das er Optometer nennt, erfunden und in seiner Schrift über das Auge beschrieben. Ein ähnliches, aber verbessertes Instrument, ist von Doctor Thomas Young. Man sehe darüber seine Abhandlung über den Mechanismus des Auges in den philosophischen Transactionen von 1801.

*) Es giebt für jedes Auge eine gewisse Weite, bis zu welcher es ohne alle Anstrengung deutlich sehen kann, welche die natürliche Weite des vollkommenen Sehens genannt wird. Da aber, wie bereits erwähnt worden, das Auge ein Vermögen hat, seine Einrichtung bis zu einem gewissen Grade zu ändern, so sieht es auch noch auf andere Weiten vollkommen und daher giebt es auch Grenzen des deutlichen oder vollkommnen Sehens. T.

hält, dem mittelsten Papiere B nähe und ihm gerade gegenüber, und gehe nun allmählig rückwärts und richte dabey das offene Auge schief gegen das äußere Papier, nemlich gegen das, was zunächst an dem verschlossenen Auge ist, so wird er zuletzt auf eine Stelle kommen, (gewöhnlich ohngefähr in einer Entfernung von zehn Fuß von dem Papiere,) wo ihm das mittlere Papier gänzlich verschwinden wird, indeß die beyden Seitenpapiere ihm sichtbar bleiben werden. In diesem Falle fällt das Bild des mittleren Papieres gerade auf die Stelle des Auges, auf welcher der Sehnerve in das Auge tritt.

Diese Beobachtung hat man oft als einen Beweis der Behauptung angeführt, daß der Sitz des Sehens oder des Gesichtes nicht genau die Netzhaut sey, sondern daß entweder die Aderhaut (choroides) oder irgend ein anderer Theil des Auges den Eindruck des Lichtes u. s. w. bekomme. Da aber über diesen Punkt, nemlich über die Art, wie die Wahrnehmung der Gegenstände dem Sensorium zugeführt wird, nichts bestimmtes bekannt ist, und da gezeigt worden ist, daß von den Gegenständen ein wirkliches Bild auf der Netzhaut, und zwar so weit wir die Wirkung des Lichtes verfolgen können, erzeugt wird, so will ich meine Leser nicht mit langen und unfruchtbaren Erörterungen dieses Gegenstandes aufhalten.

Dagegen giebt es noch eine andere merkwürdige Art der Fähigkeit des Auges sich einzurichten, die eine genauere Erklärung verdient, nemlich die Zusammenziehung und Erweiterung der Pupille oder des Sterns.

Es ist oben gezeigt worden, daß von den unzähligen, von jedem einzelnen Punkte eines Gegenstandes ausgehenden Strahlen, wenn alles übrige gleich ist, auf eine Linse eine größere oder geringere Menge fällt, je nachdem sie größer oder kleiner ist, und daß der gebros

chene Brennpunkt oder das Bild in eben diesem Verhältnisse mehr oder weniger leuchtend oder glänzend ist. Wenn man nun die eilfte Figur der XXI. Tafel ansieht, so wird man einsehen, daß auf die nemliche Art von jedem einzelnen Punkte des Gegenstandes ABC mehr oder weniger Strahlen in das Auge dringen werden, je nachdem die Pupille oder der Stern mehr oder weniger geöffnet ist, und daß die entsprechenden Punkte a, b, c des Bildes verhältnißmäßig mehr oder weniger hell seyn werden. Da aber das Licht von gewissen Gegenständen, zum Beyspiele von der Sonne, von einem glänzenden Feuer u. s. w., dem Auge nachtheilig und dargegen eine zu geringe Lichtquantität, die Gegenstände zu schwach würde wahrnehmen lassen, so hat die vorsorgende Natur das Auge mit der Fähigkeit ausgerüstet, seine Oeffnung erweitern und zusammenziehen zu können. Daß es dies kann, ist eine Wirkung der Iris, die, wie oben gezeigt worden, eine Verlängerung der Aderhaut ist, und die unwillkührliche Zusammenziehung dieses Häutchens geschieht so leicht, daß wir es in den meisten Fällen, ohne nur weiter im geringsten daran zu denken, sogleich zur Aufnehmung einer gehörigen Lichtquantität einrichten. Man lasse einer Person ihre Augen auf eine ziemlich dunkle Stelle richten, und sehe ihr dann in dieser Stellung in dieselben, so wird man finden, daß die Pupillen oder die Augensterne stark erweitert worden; stellt man darauf in einer Entfernung von drey bis vier Zoll ein brennendes Licht ihr vor die Augen, so wird man sehen, daß die Pupillen beträchtlich enger werden. *)

*) Daß bey Menschen und vielen Thieren der Stern immer rund bleibt, er ziehe sich zusammen oder nicht, kömmt daher, daß er sich bey ihnen allezeit und von allen Seiten gleichförmig zusammenzieht. Daß bey einigen Thieren der

Bey einigen Personen ist in allen Fällen die Pupille größer als bey anderen und jene können sie auch nicht stark genug zusammenziehen. Bey anderen ist die Pupille von Natur kleiner, als sie gewöhnlich ist und daher können solche Personen bey einem hellen Lichte am besten sehen. Zuweilen verliert die Pupille ihre Kraft sich zusammenzuziehen auch ganz.

Obgleich eine stärker geöffnete Pupille mehr Licht einläßt als eine nicht so stark geöffnete, und folglich weniger helle Gegenstände von der ersteren besser erkannt werden können als von der letzteren, so macht doch ein gänzlicher Mangel an Licht, die Gegenstände für jedes Auge ohne Ausnahme unsichtbar. Es ist durch unzweydeutige und befriedigende Versuche hinlänglich bewiesen worden, daß in einem vollkommen dunklen Zimmer selbst die Augen einer Katze keinen Gegenstand erkennen können.

Da ich nun den Bau des menschlichen Auges und den Gang des Lichtes durch dasselbe beschrieben habe, so komme ich nun zunächst zu der Erklärung verschiedener, das Gesicht betreffender Erscheinungen, die man ohne diese Erklärung leicht als unvereinbar mit der gewöhnlichen Theorie vom Lichte betrachten möchte. — Zu jenen Erscheinungen gehört zuvörderst die: daß wir einzelne Gegenstände auch einzeln, oder ihrer wahren Zahl nach und nicht doppelt sehen, ob wir sie gleich mit zwey Augen ansehen, und obgleich in jedem Auge von einem jeden Gegenstande ein Bild hervorgebracht wird.

Stern bey Tage länglich, wie eine Ritze, des Nachts aber rund ist, kömmt daher, daß sie ihn nur in der Breite, nicht aber nach der Länge zusammenziehen können. T.

Von den verschiedenen Meinungen die zur Lösung dieser Schwierigkeit sind aufgestellt worden, ist diejenige die befriedigendste, welche annimmt, daß in den beyden Augen korrespondirende Theile der Netzhaut befindlich seyen, welche wahrscheinlich die Fähigkeit haben, den nemlichen Eindruck in gleichem Grade aufzunehmen und ihn auch in diesem gleichen Grade dem Sensorium zuzuführen. Daher sey, so lange als ähnliche Punkte der Bilder auf die korrespondirenden Theile der Netzhäute fallen, die Wahrnehmung eines und desselben Gegenstandes einfach, im entgegengesetzten Falle aber doppelt.

Fig. 12 Taf. XXI. stellt zwey Augen vor, die auf einen und denselben Gegenstand A B gerichtet sind. Es ist wahrscheinlich, daß die Netzhäute beyder Augen in entgegengesetzten Entfernungen von dem Eintritte des Sehnerven, korrespondirende oder auf eine gleiche Art gespannt sind und auf gleiche Art gereizt werden und zur Aufnehmung der Bilder gleich fähig sind; so korrespondirt zum Beyspiele a mit a, b mit b und daß folglich so lange die gleichen Theile der Bilder auf diese korrespondirenden Theile fallen, die Gegenstände einzeln erscheinen. Es ist einleuchtend, daß in dieser Absicht die Axe der Augen, das heißt: die Augen selbst, mehr oder weniger gegen einander gekehrt werden müssen, je nachdem nemlich der Gegenstand, auf den sie gerichtet sind, näher oder weiter entfernt ist. Dies ist denn auch wirklich der Fall, so daß wir, nicht nur jedes einzelne Auge, nach Beschaffenheit der Entfernung des Gegenstandes, zum deutlichen Sehen desselben in dieser Entfernung, sondern auch die Richtung beyder Augen so einrichten, daß wir einzelne Gegenstände auch nur einzeln sehen. Um sich von der Richtigkeit dieser Theorie zu überzeugen, halte man einen Finger, in einer Entfernung von acht oder zehn Zoll, vor die Augen, wenn in einer viel größeren Entfernung ein Mensch, ein Fenster

oder ein anderer Gegenstand vor denselben befindlich ist, denn dann wird man finden, daß wenn man mit unverwandten Augen nach dem Finger sieht, das heißt, die Axen beyder Augen nach ihm hinrichtet, der Mensch, das Fenster u. s. w. nicht nur undeutlich, sondern auch doppelt erscheinen wird. Giebt man sich nun Mühe den Menschen u. s. w. deutlich und einfach zu sehen, so wird zu der nemlichen Zeit der Finger undeutlich und doppelt erscheinen.

Dieser Fähigkeit unser Gesicht gehörig einzurichten, verdanken wir es auch einem großen Theile nach, daß wir im Stande sind, die Entfernungen von Gegenständen zu beurtheilen, wenn diese Entfernungen nicht sehr groß sind; auch ist es diese Einrichtung oder diese Richtung der beyden Augen, wodurch wir beurtheilen können, ob uns eine Person ansieht oder nicht.

Wenn bey einer Person wegen eines fehlerhaften Baues oder auch in Folge einer üblen Gewohnheit die Axen beyder Augen nicht auf den Gegenstand gerichtet erscheinen, den sie doch wirklich ansieht, so sagt man von ihr daß sie schiele. Indessen ist es doch nicht die Folge, daß ein Schielender jeden Gegenstand doppelt sehe, denn die bemerkbare falsche Richtung der Augen kann ihren Grund in einer ungewöhnlichen Lage der Theile des Auges haben, wobey dennoch die gleichen Theile der beyden Bilder auf die korrespondirenden Theile der Netzhaut fallen können.

Zu den erwähnten Erscheinungen gehört auch zweytens noch die: daß wir die Gegenstände aufgerichtet und in ihrer wahren Lage sehen, da doch die Bilder derselben umgekehrt auf der Netzhaut erscheinen. Man hat zur Erklärung dieser Schwierigkeit verschiedene Hypothesen aufgestellt. Indessen ist doch die Meinung die wahrscheinlichste: daß die Seele den Gegenstand und nicht das Bild desselben betrachtet und daß wir uns aus Er-

fahrung und durch Uebung gewöhnt haben den unteren Theil des Gemäldes so zu nehmen, daß er den oberen Theil des Gegenstandes anzeige und umgekehrt. *) Oder jene Erscheinung erklärt sich auch daraus, daß wir die Lage der Gegenstände mit anderen sie umgebenden Gegenständen vergleichen; daher erscheint dem der ein Haus ansieht, dasselbe immer aufgerichtet, er mag auch den Kopf nach welcher Seite er wolle wenden, oder es auch von oben nach unten zu ansehen.

Es ist so schwer den Empfindungen unsrer Sinne nachzuspüren und Gewohnheit u. s. w. hat einen so großen Einfluß auf dieselben, daß wir sie schwerlich vollkommen begreifen und befriedigend erklären können.

So haben auf unser Urtheil über die Entfernungen und auch über die Größe der Gegenstände, die wir durch das Gesicht wahrnehmen, mehrere Umstände zugleich Einfluß. Dieses Urtheil bilden wir nemlich: 1) nach der scheinbaren Größe der Gegenstände; 2) nach der Stärke ihrer Farbe und der Deutlichkeit ihrer kleinen Theile; 3) nach der Richtung der beyden Augen und 4) nach der Lage der Gegenstände in Beziehung auf andere. Daher ist dieses Urtheil, je nachdem einer oder mehrere

*) Die Gemälde im Auge sind nemlich nicht die sinnlichen Bilder, welche die Seele durchs Auge erhält, so daß sie etwa noch eines Auges bedürfte, um das Bild im Auge des Körpers zu sehen, sondern sie bekömmt nur Empfindungen, die nach gewissen Gesetzen mit diesem Bilde übereinstimmen und die sie erst durch Erfahrung, Vergleichung und Uebung ordnen lernt. Wir sind uns daher im Grunde der Gemälde im Auge gar nicht bewußt, aber aus Erfahrung wissen wir, welche Bewegungen wir dem Auge geben müssen, wenn wir eine Sache gehörig übersehen wollen. Wir behaupten daher, daß der Kopf eines aufrecht stehenden Menschen oben sey, weil wir das Auge erheben müssen, um ihn deutlich zu sehen. Wir lernen aus Gewohnheit das für oben halten, was die unteren Nerven der Netzhaut rührt, und so auch umgekehrt. T.

dieser Umstände fehlen, auch mehr oder weniger dem Irthume ausgesetzt. So ist, zum Beyspiele ein Einäugiger nicht im Stande eben so richtig über die Entfernung eines Gegenstandes zu urtheilen, als ein Mensch der zwey Augen hat, weil in diesem Falle der dritte Umstand nicht da ist. Wenn ein Mensch der sechs Fuß hoch ist, vierzig Fuß weit von uns entfernt steht, und ein Knabe von drey Fuß Höhe, zwanzig Fuß, so werden beyde gleiche Winkel auf unsre Augen machen und sie sollten uns daher beyde gleich groß erscheinen; allein da wir ihre Glieder mit einander vergleichen und ihre Lage in Beziehung auf andere Gegenstände beurtheilen, halten wir sie keinesweges beyde für gleich hoch.

Ein kleiner Gegenstand der uns nahe ist und ein großer in einer verhältnißmäßigen Entfernung, machen einerley Gesichtswinkel, der entfernte Gegenstand aber erscheint undeutlich. Wenn daher durch irgend einen Umstand, ein kleiner und naher Gegenstand undeutlich gemacht wird, so werden wir dadurch verleitet ihn für einen großen entfernten Gegenstand zu halten. So schwebt oft eine Fliege oder ein anderes Insekt vor unseren Augen vorüber, wenn wir sie auf irgend einen anderen Gegenstand gerichtet haben; in diesem Falle erscheint uns die Fliege undeutlich und wir halten sie wohl für eine in einer Entfernung befindliche Krähe.

Wenn der Mond nahe am Horizont steht, so macht die Dichte der Atmosphäre, daß er nicht so hell und deutlich ist, als wenn er höher steht; daher glauben wir, daß er im ersteren Falle weiter entfernt sey als in dem letzteren, und weil wir ihn weiter entfernt glauben, so halten wir ihn für viel größer als wenn er höher gestiegen ist, und weil er uns im letzteren Falle viel glänzender erscheinet, so glauben wir daß er uns näher sey; So daß diese sehr bekannte Erscheinung des horizontalen Mondes eine bloße Täuschung ist.

Die merkwürdige Erfindung des bekannten Panorama bringt eine überraschende Wirkung der nemlichen erwähnten Ursachen hervor. In einem kreisförmigen Gebäude, dessen Durchmesser ohngefähr vierzig Fuß beträgt, wird dem Zuschauer, der bey dem Mittelpunkte des Kreises steht, ein kreisförmiges Gemälde vorgestellt, indem jeder andere Gegenstand, mit welchem die gemahlten Gegenstände könnten verglichen werden, aus seinem Gesichte entfernt wird, welches denn die Wirkung auf ihn macht, daß er durch die Undeutlichkeit der gemahlten Gegenstände so getäuscht wird, daß er wahre oder wirkliche Objekte in ihrer natürlichen Größe, nur in viel weiteren Entfernungen zu sehen glaubet.

Auch in Ansehung der scheinbaren Bewegung kann unser Urtheil sehr leicht irre geleitet werden. So wird oft, wenn unsere Augen auf einen besonderen und einzelnen Gegenstand gerichtet sind und seiner Bewegung unvermerkt folgen, jeder andere Gegenstand, der von dieser Richtung abweicht, von uns für einen sich bewegenden Gegenstand gehalten. So scheint es uns, wenn die Wolken schnell unter dem Monde vorbey gehen, und wir unverwandt nach ihnen hinsehen, als ob der Mond schnell heran eilte. Sehen wir dagegen unverwandt nach dem Monde, so scheint es als ob sich die Wolken schnell heran bewegten. So bildet sich auch oft ein in einem Boote befindlicher Mensch, der seine Augen entweder gar nicht bewegt, oder auf irgend einen Theil des Bootes sieht, ein, daß die Küste vor ihm vorüber eile.

In Bezug auf unsre Wahrnehmung schwarzer Gegenstände wird nicht selten die Frage aufgeworfen: was wir eigentlich sehen, wenn wir einen schwarzen Gegenstand bemerken, da die schwarze Farbe eigentlich ein Mangel oder eine Einschluckung aller Farben sey? Die Antwort auf diese Frage ist: daß wir nicht den schwarzen Gegenstand selbst, sondern blos die ihn umgebenden

Dinge sehen, deren Grenzen an dieser Stelle mit den Grenzen des schwarzen Gegenstandes einerley sind. Ein tiefes Loch, von welchem kein Licht zurückgeworfen wird und ein schwarzer Fleck von der nemlichen Größe, erscheinen unseren Augen als einerley Gegenstand. Wenn wir einen schwarzen Hut oder einen anderen ähnlichen Gegenstand ansehen, so bemerken wir die Einbiegungen, die Ecken und andere hervorstehende Theile desselben darum, weil diese Theile nicht vollkommen schwarz sind, sondern einiges Licht auf unsre Augen zurückwerfen, welches hinlänglich ist, uns in den Stand zu setzen, einen Theil von dem anderen unterscheiden zu können. *)

Diese erwähnten Gesichtstäuschungen, denen unsre Augen ausgesetzt sind, müssen uns erinnern, an der angenommenen Unfehlbarkeit des Gesichtes zu zweifeln, wenn die Vernunft den Angaben desselben widerspricht.

Noch eine, das Sehen mit bloßen Augen betreffende Erscheinung, die ehe wir zur Untersuchung des Sehens durch Linsen fortgehen, verdient untersucht zu werden, ist folgende:

Wenn man die Augenlieder so herabläßt, daß die Augen dadurch beynahe ganz verschlossen werden, und dann, besonders wenn sie feucht sind, nach einem Lichte hinsieht, so sieht man, wie bey N M, Fig. 13. Taf. XXI, zwey lange Strahlenkegel von dem Lichte aufwärts und abwärts ausströmen; die Ursache davon ist, daß die Lichtstrahlen, welche auf den Rand des unteren Augenliedes, wie bey I fallen, von demselben in das Auge bey L D zurück geworfen werden, wo sie, wegen der Krüm-

*) Die schwarze Farbe ist also eigentlich ein Mangel aller Farben und unter schwarzen Körpern können wir nur solche meinen, die keine Art von Licht merklich zurückwerfen, sondern alles verschlucken. Diese starke Lichtverschluckung ist auch die Ursache, warum schwarze Körper so leicht erwärmt werden. T.

mung des Randes des Augenliedes, ein langes Farbenbild erzeugen, und daß aus der nemlichen Ursache die Strahlen welche auf das obere Augenlied bey H fallen, dadurch zurückgeworfen werden und an der entgegengesetzten Seite des Auges das lange Farbenbild O X hervorbringen. In der That wird, wenn die oberen Strahlen durch einen dunklen Körper P aufgefangen werden, das untere Farbenbild, oder die untere Ausstrahlung, und wenn dargegen die unteren Strahlen aufgefangen werden, die obere Ausstrahlung verschwinden.

Die Augen verschiedener Personen bekommen höchst wahrscheinlich nicht alle einerley Eindruck von den nemlichen Farben, ja dies ist selbst der Fall in Ansehung einer und derselben Person zu verschiedenen Zeiten und besonders wenn sich der Körper nicht in dem Zustande der Gesundheit befindet. Solchen Personen erscheinen zuweilen alle Gegenstände entweder gelb, oder grün, oder roth u. s. w. gefärbt. In den philosophischen Transaktionen und auch in den Schriften anderer gelehrten Gesellschaften werden mehrere Beyspiele von Personen erzählt, die an solchen Gesichts-Unvollkommenheiten oder Fehlern gelitten, so wie auch Beyspiele von solchen, welche gewisse Farben nicht von einander unterscheiden konnten. Dergleichen Zufälle können durch eine Vermischung besonderer Säfte mit den Feuchtigkeiten des Auges oder auch von besonderen Bildungen entstehen, die uns jedoch nicht bekannt sind.

Was die durch Glaslinsen hervorgebrachten Erscheinungen in Ansehung des Gesichtes betrifft, so möchte es vielleicht scheinen, daß schon dasjenige in dieser Rücksicht hinreichend seyn möchte, was im vorhergehenden darüber gesagt worden, nemlich: daß konvexe Linsen dadurch, daß

sie die Strahlen ehe sie zu einem Brennpunkte gelangen, mehr gegen einander beugen, den Gesichtswinkel und also auch die Erscheinung des Gegenstandes vergrößern, und daß im Gegentheile die Hohllinsen den Gesichtswinkel und also auch die Erscheinung des Gegenstandes verkleinern. Allein der Allgemeinheit dieses Grundsatzes ohngeachtet, wird es den meisten Anfängern schwer, sich eine deutliche Vorstellung von der eigentlichen Wirkung konvexer Linsen zu machen und von allen ihren Wirkungen den Grund einzusehen. Es ist daher nothwendig, eine genauere Erklärung von den Wirkungen dieser Art Linsen zu geben, und dies um so mehr, da eine solche Erklärung das bessere Verstehen der Eigenschaften der meisten optischen Instrumente, die in dem folgenden Kapitel sollen beschrieben werden, gar sehr erleichtern kann.

Wenn ein in dem Brennpunkte einer konvexen Linse befindlicher Gegenstand, von einem auf der anderen Seite der Linse befindlichen Auge gesehen wird, so erscheint dieser Gegenstand allezeit größer, als wenn sich die Linse nicht zwischen ihm und dem Auge befindet. Wird aber der Gegenstand, nachdem die Linse hinweggenommen worden, dem Auge näher gebracht, so erscheint er nun eben so groß, als er in seiner vorigen Lage, nemlich als er durch die Linse gesehen wurde, erschien; denn dadurch, daß der Gegenstand dem Auge näher gebracht wird, wird der Gesichtswinkel eben so vergrößert, wie er im vorhergehenden Falle durch die Brechung, durch die darzwischen gebrachte Linse, vergrößert wurde.

Könnten wir Gegenstände unbegrenzt nahe an unsre Augen bringen und könnten wir unsre Augen so einrichten, daß wir diese Gegenstände in jeder Entfernung deutlich sehen könnten, so würden die konvexen Linsen unnütz seyn. Allein unsre Augen können sich nur innerhalb bestimmter Grenzen einrichten, nemlich blos für Strahlen, die von irgend einem einzelnen leuchtenden

Punkte

Punkte kommen und entweder parallel oder beynahe parallel sind. Wenn daher der Gegenstand näher bey uns als sechs oder acht oder zehn Zoll ist, so sind für die Augen der meisten Personen die Strahlen zu divergirend. Diese Entfernung, nemlich acht Zoll, kann also für die gewöhnliche Grenze des deutlichen Sehens angenommen werden.

Es ist auch die Beobachtung gemacht worden, daß nur wenig Menschen einen Gegenstand unterscheiden können, der an dem Auge einen Winkel macht, der kleiner ist als eine halbe Minute; ein Gegenstand also, dessen Durchmesser kleiner ist als die Sehne (Chorde) einer halben Minute zu einem Halbmesser von acht Zollen ist der kleinste Gegenstand, den das unbewaffnete Auge der meisten Menschen unterscheiden kann. Der Durchmesser eines solchen Gegenstandes beträgt: 0,00116 eines Zolles *)

Der große Nutzen der Linsen nun besteht eben darinn, daß sie uns in den Stand setzen, Gegenstände zu unterscheiden, die uns sonst unsichtbar bleiben würden, welches der Fall ist, wenn entweder der ganze Gegenstand, den man zu untersuchen wünscht, oder auch nur ein solcher Theil desselben, mit dem Auge einen Winkel macht, der kleiner als eine halbe Minute, oder kleiner als 0,00116 eines Zolles ist. Die Linsen oder die Verbindung von Linsen, durch die man diesen Zweck erreicht, nennt man Mikroskope oder Vergrößerungsgläser. Bedient man sich darzu nur einer Linse, so heißt es ein einfaches Mikroskop, ist es aber aus mehreren zusammengesetzt, so wird es ein zusammengesetztes Mikroskop genannt.

Eine einfache Linse vereinigt, (wie schon im vorhergehenden bemerkt worden,) wenn ein Gegenstand vor dieselbe gebracht wird, die Strahlen eines jeden leuch-

*) Nach den trigonometrischen Tafeln.

tenden Punktes, an der anderen Seite zu einem Brennpunkte, so daß, wenn ein Schirm auf diese Seite gestellt wird, ein Bild des Gegenstandes darauf hervorgebracht werden wird, da wenn dies nicht geschieht, die Strahlen jenseits dieses Brennpunktes divergirend oder auseinanderfahrend fortgehen. Man muß sich ferner erinnern, daß zu folge dessen, was im vorigen von den vereinigten Brennpunkten einer Linse ist gesagt worden, dann, wenn die vereinigten Brennpunkte gleich weit von der Linse entfernt sind, das Bild dem Gegenstande gleich seyn wird, da sonst das eine um eben so viel größer als das andere seyn wird, als das Bild weiter von der Linse entfernt ist, als der Gegenstand. Oder, mit anderen Worten: die Längen des Gegenstandes und des Bildes verhalten sich wie ihre respektiven Entfernungen von der Linse. Was nun das Auge betrifft, so muß man sich nicht vorstellen, daß die Linse durch Brechung auf der Netzhaut auf eben die Art ein Bild des Gegenstandes erzeuge, wie sie das Bild auf dem Schirme hervorbringt, indem die Strahlen von der Linse nach dem Schirme hin konvergirend fortgehen, da wenn sie auch konvergirend nach dem Auge giengen, die Feuchtigkeiten dieses Organs sie ein gutes Theil stärker konvergirend machen würden, als es nöthig ist, um ein Bild oder einen Brennpunkt auf der Netzhaut hervorzubringen. Aber das was eigentlich eine Linse dem Auge leisten soll, ist: daß sie die Strahlen eines jeden einzelnen leuchtenden Punktes parallel mache, denn das Auge nimmt diese parallelen Strahlen auf und vereinigt sie durch seine eigene Brechungskraft zu einem Brennpunkt, oder bringt ein Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut hervor.

Fig. 14 Taf. XXI stellt einen, in der Hauptbrennpunkts-Entfernung (Hauptbrennweite) der Linse E D befindlichen Gegenstand A B dar; es fallen also, zu folge dessen, was oben S. 218 ist gesagt worden, die von

jedem einzelnen leuchtenden Punkte, wie A, oder I, oder B, oder ein anderer ist, ausgehenden Strahlen, divergirend auf die Linse, und gehen, nachdem sie durch dieselbe gegangen sind, in einer parallelen Richtung fort, das heißt: die kegelförmigen Strahlen A D E gehen zylindrisch fort, oder werden die parallelen Strahlen E P, C O, D W; die Strahlen I D E werden die parallelen Strahlen E F, C G, D H und so fort. Wenn nun die Linse nahe an das Auge gehalten und Q R als der Durchmesser der Pupille angenommen wird, so ist es zuvörderst einleuchtend, daß die Strahlen von jedem einzelnen Punkte des Gegenstandes aus, in einer parallelen Richtung in die Pupille eindringen und daß zweytens die äußersten Strahlen A E Q und B D R in das Auge kommen und das Gesichtsfeld begrenzen, denn die anderen Strahlen, als A C O, A D W u. s. w. die von dem nemlichen äußersten Punkte A kommen, gelangen nicht in die Pupille Q R. Daher kömmt es, daß wenn ein Theil der Oberfläche der Linse bedeckt wird, auch ein Theil des Gegenstandes unsichtbar gemacht wird, oder, welches das nemliche ist, das Gesichtsfeld steht mit der Oeffnung der Linse im Verhältniß. Dritstens ergiebt sich's, daß man den Gegenstand deutlich sehen kann, das Auge möge nun der Linse näher oder weiter von ihr entfernt seyn; daß man aber einen kleineren Theil desselben sehen kann, wenn die Pupille weiter davon, wie bey S T, entfernt, als wenn sie näher an ihr, wie bey Q R, befindlich ist, weil, wenn S T die Oeffnung der Pupille ist, die äußersten Strahlen A E P, B D M, welche bey Q R in sie drangen, jetzt nicht zu ihr gelangen werden. Viertens muß man in Bezug auf die vergrößernde Potenz oder Kraft bemerken, daß die Axen eines der beyden Strahlenkegel, wie z. B. die Axen A C O, B C L, bey dem Mittelpunkte der Linse, einen Winkel A C B bilden, welcher dem von

den äußersten Strahlen A E d, B D d auf dem Auge gebildeten Winkel E d D gleich ist: welches seinem Grund in dem Parallelimus der Strahlen A C O, E d, und B C L, D d, hat. Die Entfernung dieser beyden Punkte, oder die Länge des Gegenstandes A B, wird also unter eben dem Gesichtswinkel gesehen werden, als wenn das unbewaffnete Auge bey C befindlich wäre; das unbewaffnete oder bloße Auge aber kann keinen Gegenstand in einer geringeren Entfernung als der von acht Zollen deutlich sehen; ein bey Q R oder bey S T befindliches Auge also, wird durch die Linse den Gegenstand A B vergrößert sehen, eben so als wenn das bey C befindliche bloße Auge selbst, den Gegenstand in der Entfernung C Y von 8 Zollen und so groß als Z X sähe. So daß sich die Größe des Bildes zu der Größe des Gegenstandes verhält, wie sich acht Zoll zu der Brennweite der Linse verhalten. Eine Linse also, deren Hauptbrennweite oder Brennpunkt paralleler Strahlen einen Zoll beträgt, wird achtmal vergrößeren; ist die Brennweite der Linse ein halber Zoll, so wird sie sechzehnmal größer machen und so fort. Kurz: um die vergrößernde Kraft einer Linse zu finden, muß man acht Zoll, oder die kürzeste Entfernung des deutlichen Sehens für irgend ein besonderes Auge, durch die Brennweite der Linse dividiren, dann zeigt der Quotient, wie viel mal die Länge oder der Durchmesser des Bildes größer ist, als der des Gegenstandes. Die vergrößernden Kräfte der Linsen werden gewöhnlich durch die Länge oder den Durchmesser des Bildes, sonst auch Dimensionen nach Linien genannt, ausgedrückt. Wenn man also sagt: daß eine Linse den Gegenstand fünfmal vergrößere, so ist die Meynung, daß das Bild oder die Erscheinung des Gegenstandes durch die Linse, fünfmal so lang oder so breit sey als der Gegenstand selbst. Einige Schriftsteller rechnen die vergrößernde

Kraft nach der Oberfläche und andere nach dem körperlichen Inhalt. Man kann daher von der oben erwähnten Linse sagen, daß sie fünfmal nach der Länge, oder fünf und zwanzigmal nach der Oberfläche, oder hundert und fünf und zwanzigmal nach dem körperlichen Inhalte vergrößere, da sich die Oberflächen ähnlicher Körper wie die Quadrate ihrer Längen oder anderer ähnlicher Dimensionen und ihre körperlichen Größen wie die Würfel ihrer Längen oder anderer ähnlicher Dimensionen verhalten.

Es ist oben erwähnt worden, daß die sphärische Krümmung der Linsen die Strahlen eines und desselben leuchtenden Punktes nicht genau in einen gebrochenen Brennpunkt vereinigt oder konvergent macht und daß die daraus entstehende Abweichung oder Undeutlichkeit mit der Dicke der Linse und der Vermehrung der Krümmung, zunimmt. Ich muß aber hiebey noch weiter bemerken, daß es aus den Eigenschaften sphärischer Oberflächen und aus der Brechung des Glases u. s. w. von optischen Schriftstellern bewiesen worden ist, daß sich die Abweichungen von Linsen, welche einerley Krümmung aber verschiedene Oeffnungen, das heißt: Flächen haben, wie die Würfel der respektiven Oeffnungen verhalten, und daß dann, wenn die Linsen gleiche Oeffnungen haben, die Abweichungen sich umgekehrt wie die Quadrate der Halbmesser der Krümmung verhalten. *) Woraus also folgt, daß wenn man sich einfacher großer Linsen, die nicht stark vergrößern, bedient, die Abweichung oder Undeutlichkeit in den meisten Fällen erträglich ist, daß sie aber dann, wenn die vergrößernde Potenz oder Kraft der Linsen beträchtlich ist, und sie bey kleinen und zarten Gegenständen gebraucht werden, sehr nachtheilig wirket.

*) Man sehe Martins Optik Artikel 83.

Um dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen, hat man auf mehrere Erfindungen gedacht, indessen entspricht keine derselben ihrem Zwecke in einem so beträchtlichen Grade, als eine Verbindung zweier Hohllinsen, die in einer geringen Entfernung von einander eingesetzt und als eine einfache Linse gebraucht werden.

Fig. 15 Taf XXI ist eine solche Verbindung zweier Linsen abgebildet. Sie sind plan-konvex, weil diese Gestalt der Abweichung weniger als irgend eine andere ausgesetzt ist. Man lasse F den Brennpunkt der einfachen Linse N M seyn, so daß ein bey F befindlicher Gegenstand, durch dieselbe gesehen, vergrößert erscheinen kann. Wird nun die zweyte Linse G H zwischen der ersten und ihrem Brennpunkte eingesetzt, so werden die von dem Gegenstande ausgehenden Strahlen, indem sie durch beyde Linsen gehen, stärker als durch eine einfache Linse gebogen und daher der Brennpunkt verkürzt, das heißt: der Brennpunkt beyder wird gemeinschaftlich bey F seyn, so daß diese beyden Linsen wie eine einfache Linse, die viel stärker gekrümmt ist, wirken. Der Vorzug aber, den die verbundenen Linsen vor dieser voraus haben, besteht darinn, daß die Krümmungen der beyden Linsen zusammengenommen nicht so groß sind, als die Krümmung der einfachen Linse, die eine gleiche vergrößernde Potenz oder Kraft hat, wovon denn die Folge ist, daß man durch die Verbindung der beyden Linsen eine geringere Abweichung und ein größeres Gesichtsfeld bekömmt.

Dieser Vortheil ist eine Folge des Raumes, der zwischen den Linsen bleibt; und in der That, wenn diese Entfernung verändert wird, so wird auch die vergrößernde Kraft verändert. Ich werde meine Leser nicht durch eine lange Untersuchung des genauen Grades der Abweichung, des Gesichtsfeldes und anderer, die erwähnte Verbindung von Linsen betreffende Umstände

aufhalten. Wer sich umständlich darüber zu belehren wünscht, kann selbst die Lichtstrahlen durch diese Linsen auf die oben angegebene Art verfolgen, oder auch eines der seit funfzig bis sechzig Jahren über die Optik herausgekommenen Hauptwerke nachlesen. Ich füge hier bloß noch die Regel bey, nach welcher der zusammengesetzte Brennpunkt solcher Linsen bestimmt werden muß, wenn die Aufgabe ist:

Wenn die Brennpunkts-Längen zweyer Linsen und die Entfernung zwischen ihnen gegeben sind, die Brennpunktslänge einer einzelnen Linse, die eine eben so starke vergrößernde Kraft hat, als die beyden verbundenen Linsen, zu finden.

Regel.

Man ziehe die Entfernung von der Summe der beyden Brennpunktslängen ab und notire den Rest; dann multiplicire man auch die beyden Brennpunktslängen mit einander. Dieses Produkt dividire man durch den notirten Rest, so giebt der Quotient die gesuchte Brennpunktslänge der einfachen Linse.

Beyspiel.

Man nehme an, daß die Brennpunktslänge der einen Linse acht Zoll, die der anderen sechs Zoll und die Entfernung zwischen beyden Linsen vier Zoll sey, so ist die Summe der beyden Brennpunktslängen: vierzehn Zoll. Zieht man hievon viere ab, so bleibt zehn als Rest. Das Produkt von acht multiplicirt mit sechs ist 48, das, wenn es mit zehn dividirt wird, 4, 8 Zoll giebt, und dieser Quotient ist die Brennpunktslänge einer einfachen Linse, welche die nemliche vergrößernde Kraft als die Verbindung der zwey gegebenen Linsen.

haben wird. Aber sie gewährt weder eine eben so große Deutlichkeit, noch hat sie ein eben so großes Gesichtsfeld.

Siebentes Kapitel.

Beschreibung der vorzüglichsten optischen Instrumente.

Da der Gebrauch und der Nutzen der einfachsten optischen Instrumente, wie die Linsen, die Brillen, die Spiegel oder Reflektoren u. s. w. sind, in den vorhergehenden Kapiteln hinlänglich erklärt worden ist, so bleibt für dieses Kapitel nur noch die Beschreibung der mehr zusammengesetzten oder solcher Instrumente übrig, deren Wirkung durch die Verbindung zweyer oder mehrerer einfacher Instrumente hervorgebracht wird.

Eines der einfachsten und artigsten derselben ist die Camera obscura oder die dunkle Kammer, deren Grundsatz bereits bey Gelegenheit der Erläuterung des Baues des Auges beschrieben worden. Da aber in jener Camera obscura das Bild des Gegenstandes umgekehrt erscheint, so muß ich auch noch die Art angeben, wie es bewirkt wird, daß dasselbe in aufrechter Gestalt kann dargestellt werden, womit ich denn auch zugleich eine Beschreibung der gewöhnlichsten Einrichtung einer tragbaren Camera obscura verbinden will.

Von der Camera obscura oder dem verfinsterten Zimmer.

Fig. 16. Taf. XXI. stellt einen Kasten vor, der aus zwey Theilen besteht. Der äußere ACBDEFG hat einen Deckel LN, der sich um eine Angel PQ bewegt und wenn er, wie auf der Figur, offen ist, zwey Seitenbreter mit sich in die Höhe hebt, welche dienen, so gut als möglich das Licht von dem rauhen oder mattgeschliffenen Glase O abzuhalten, das man bemerkt, wenn man den Deckel LNPQ öffnet, und auf welches der Beobachter sehen muß. Die vordere Seite, oder vordere Theil des Kastens fehlt und in die dadurch entstehende Oeffnung wird ein anderer kleinerer Kasten EHIKG eingeschoben. Diesem fehlt die innere Seite und bey I ist in demselben ein erhabenes Linsenglas befestigt. Wird nun diese Maschine mit der Linse I gegen solche Gegenstände gerichtet, welche gut erleuchtet sind, so ist es einleuchtend, daß in dem Kasten an der Seite oder Wand ABCD desselben ein umgekehrtes Bild dieser Gegenstände muß entworfen werden. Dieses Bild nun kann dadurch deutlich gemacht werden, daß man den Brennpunkt der Entfernung der äußeren Gegenstände gemäs, durch weiteres Einschieben oder Herausziehen des Kastens EHGK einrichtet. An dem hinteren Theile des Kastens nun ist ein flaches Stück Spiegelglas oder ein Planspiegel in der Neigung eines halben rechten Winkels, (oder unter einem Winkel von 45 Grad gegen den Horizont geneigt,) angebracht, wie durch die schattirten Linien BR angedeutet ist. Davon ist die Folge, daß die Lichtstrahlen auf den Spiegel fallen und nach der Höhe zu, nach dem rauhen Glase O, welches den Theil der Seite des Kastens ausmacht, der unter dem Deckel LNPQ liegt, zurückgeworfen werden.

Auf diesem rauhen oder halbdurchsichtigen Glase nun entwirft sich dann das Bild und erscheint einem durch das Glas O sehenden Beobachter aufrecht, weil der Theil des Bildes, welcher auf den unteren Theil des Spiegels fällt, zu dem oberen Theile des rauhen Glases, das ist zu dem Theile, welcher zunächst an der Angel PC ist, und so auch umgekehrt, zurückgeworfen wird, wie bey dem geringsten Nachdenken über die Sache leicht einzusehen ist.

Die Gestalt der Camera obscura ist vielfach verändert worden. Zuweilen wird der Spiegel vor die Linse gestellt, und der Kasten wird gerade in die Höhe gerichtet. Dann werden die Strahlen gebogen, ehe sie noch durch die Linse gehen und das Bild wird innerhalb auf dem Boden des Kastens entworfen, daher man, um dasselbe sehen zu können, eine Oeffnung in das eine Seitenbret des Kastens machen muß, um das Auge und die Hand in den inneren Raum zu bringen, da denn der Beobachter auch einen Umriß des Bildes in dem Kasten machen kann. —

Anmerkung. Der Beobachter muß durch einen dunklen Vorhang alles fremde äußere Licht von sich abhalten.

Von der Zauberlaterne (Laterna magica.)

Diese Maschine und die Wirkung, die sie hervorbringt, ist Fig. I Taf. XXII abgebildet. Durch diese Vorrichtung werden kleine auf Glas gemahlte farbige Figuren beträchtlich vergrößert und zur großen Freude der Zuschauer und besonders der Kinder, auf die Wand eines verdunkelten Zimmers mit ihren natürlichen und lebhaften Farben geworfen.

Fig. 2 zeigt die innern Theile der Maschine Fig. 1 nach ihren verhältnißmäßigen Entfernungen von einander. In der Laterne ist ein Licht A oder auch zuweilen zwey oder drey oder mehr, dicht neben einander stehende brennende Lampen befindlich und ein Spiegel oder Reflektor M N so angebracht, daß er das Licht A in seinem Brennpunkte hat. An dem vorderen Theile der Laterne befindet sich eine dicke bikonvexe Linse C D, oder auch eine plan-konvexe (die man gewöhnlich Ochsenauge nennt) von einem kurzen Brennpunkte. Die Laterne ist von allen Seiten verschlossen, so daß kein Licht anders als durch die Linse C D aus ihr herausfallen kann. In der Richtung dieser Linse ist eine Röhre, oder eine Vorrichtung an der Laterne befestigt, die an jeder Seite eine Oeffnung hat, durch welche die bemahlten Glasscheiben, in umgekehrter Stellung der Bilder, gesteckt und hin und her gezogen werden können. G H stellt ein solches Bild vor. Der vordere Theil der Röhre, enthält noch einige andere, die sich in jener verschieben oder heraus- und hineinbewegen läßt und mit der bikonvexen Linse E F versehen ist. Die Wirkung dieser Theile ist folgende:

Die dicke Linse C D, wirft von dem Lichte A ein ziemlich helles Licht auf das Bild G H, und um dieses Licht noch zu verstärken, wird oft, jedoch nicht immer, der Spiegel M N, in dergleichen Laternen eingesetzt, denn da sich die Flamme in dem Brennpunkte des Spiegels befindet, so geht das Licht von dem Spiegel in parallelen Linien zu der Linse C D hin. Das auf diese Art gut erleuchtete Bild H G, wirft nun von jedem Punkte aus Lichtstrahlen, die, indem sie durch die Linse E F gehen, auf der Wand zu einem Brennpunkte vereinigt werden, und das Fig. 1 vorgestellte große Bild auf derselben darstellen.

Was oben von den verbundenen (conjugate) Brennpunkten einer Linse ist gesagt worden, beweist, daß man die Linse E F, je nachdem die Wand näher oder weiter entfernt ist, näher nach dem Bilde G H hin, oder weiter von ihm hinweg bewegen muß, und zeigt zugleich, warum die Darstellung an der Wand so viel größer als das gemahlte Bild G H ist.

Einige Zauberlaternen haben statt nur einer Linse E F zwey Linsen, die aber weniger gekrümmt sind und in einer kleinen Entfernung von einander eingesetzt werden. Diese wirken stärker als eine einfache Linse. Man sehe die dritte Figur, wo b b eine Blendung (diaphragma) ist.

Von dioptrischen Fernröhren.

Es ist gezeigt worden, daß sich die vergrößernden Potenzen der Linsen umgekehrt wie ihre Hauptbrennpunktslängen verhalten, woraus folgt, daß sehr entfernte Gegenstände, durch eine einfache Linse nicht sehr vergrößert werden, daß dies aber durch eine Verbindung zweyer oder mehrerer Linsen, oder auch durch eine Verbindung von Spiegeln und Linsen bewirkt werden kann. Fernröhre nun, in denen zwey oder mehrere Linsen verbunden werden, heißen: Dioptrische Fernröhre oder Teleskope, und diejenigen bey denen Spiegel und Linsen verbunden sind, katadioptrische oder zurückwerfende Fernröhre oder Teleskope.

Das dioptrische Fernrohr bekömmt nach den verschiedenen Verbindungen seiner Linsen und auch von der verschiedenen Art dasselbe anzuwenden, verschiedene Benennungen, als:

Das astronomische Fernrohr; es besteht aus zwey erhabenen Linsen A B, K M, Fig. 4 Taf. XXII,

welche an den beyden Enden eines Rohres befestiget sind, das wenigstens aus zwei Theilen, welche in einander geschoben werden können, zusammengesetzt ist, um den Brennpunkt nach der Entfernung der Gegenstände, die durch das Fernrohr betrachtet werden sollen, einrichten zu können *).

P Q bezeichnet den Halbdurchmesser eines sehr entfernten Gegenstandes, von dem von jedem Punkte desselben Strahlen ausgehen, die so sehr schwach divergirend auf das Objektivglas K M des Fernrohres fallen, daß sie beynahe parallel sind. — p q ist das Bild des Gestandes P Q, das auf einem, an dieser Stelle angebrachten Schirme würde entworfen werden. Jenseits dieser Stelle gehen die Strahlen eines jeden einzelnen leuchtenden Punktes, divergirend nach einer anderen Linse A B fort, die das Augenglas heist und stärker erhaben ist als die erstere, und werden nun durch diese Linse genöthiget in paralleler Richtung zu einander fortzugehen, in welcher Richtung sie dann in das Auge eines bey O befindlichen Beobachters fallen.

Die beyden Linsen dieses Fernrohres haben eine gemeinschaftliche Axe O L Q; L q ist die Brennpunktsentfernung des Objektiv- oder Vorderglases und E q die des Augenglases, und E L ist die Summe der beyden Brennpunktsentfernungen. Ein Gegenstand, der von einem bey O befindlichen Auge durch dieses Fernrohr gesehen wird, erscheint ihm deutlich, verkehrt, und vergrössert, indem sich seine Größe, ohne das Fernrohr gesehen, zu seiner scheinbaren Größe die er durch dasselbe bekommt, wie q E zu q L das heist: wie die Brennpunkts-Entfernung des Augenglases zu der Brennpunkts-Entfernung des Objektivglases verhält.

Denn die Strahlen, welche, nachdem sie sich bey der Stelle r q p durchkreuzt haben, divergirend fortge-

*) Das Rohr ist nicht auf dem Kupfer abgebildet.

hen, fallen auf eben die Art auf die Linse A B, als wenn sich bey r q p, (das heißt bey dem Brennpunkte dieser Linse,) ein wirklicher Gegenstand befände, und folglich müssen an der anderen Seite dieser Linse die Strahlen eines jeden Kegels parallel fortgehen. *) Bey dem Auge bey O nun wird die scheinbare Größe des Gegenstandes oder des Theiles P Q durch den Winkel E O A, oder durch den ihm gleichen q E q gemessen oder bestimmt; bey dem unbewaffneten Auge bey L aber, also wenn das Glas hinweggenommen worden, wird die scheinbare Größe des Gegenstandes durch den Winkel Q L P oder den ihm gleichen q L p gemessen. Die scheinbare Größe für das bloße Auge verhält sich also zu der scheinbaren Größe durch das Fernrohr, wie sich der Winkel q L p zu dem Winkel q E p oder die Entfernung q E zu der Entfernung q L verhält.

Dieses Fernrohr wird hauptsächlich zu astronomischen Beobachtungen gebraucht, denn da es den Gegenstand verkehrt darstellt, würden sich auf der Erde befindliche Gegenstände nicht gut durch dasselbe ausnehmen.

Nach der oben gegebenen Erklärung ist es einleuchtend, daß wenn die beyden Linsen dieses Fernrohres gleiche Brennpunktsentfernungen haben, dasselbe nicht vergrößern wird. Eben so ist es klar, daß je kürzer der Brennpunkt des Augenglases einer gegebenen Objektivlinse ist, desto größer die vergrößernde Potenz oder Kraft seyn müsse. Ist aber das Mißverhältniß zwischen den beyden Brennpunktsweiten zu groß, dann wird die von der Gestalt der Linsen und von der zerstreuenden Kraft des Glases entspringende Abweichung so sehr groß, daß der daraus entstehende Nachtheil so groß ist, daß er nicht durch die vermehrte Vergrößerungskraft kann kom-

*) Man sehe hiebey das nach, was oben von einer einfachen Linse ist gesagt worden.

penſirt oder erſetzt werden. Daher hat man, um eine ſehr ſtark vergrößernde Kraft zu bekommen, dieſe Teleſkope zuweilen ſehr lang, zum Beyſpiel hundert und mehr Fuß lang, gemacht, und da ſie zu aſtronomiſchen Unterſuchungen und meiſt zur Nachtzeit gebraucht wurden, hat man ſich ihrer oft ohne eines Rohres bedient, ſo nemlich, daß das Objektivglas an der Spitze einer Stange in einen Rahmen gefaßt und ſo angebracht wurde, daß es nach jeder beliebigen Richtung konnte bewegt werden, da denn das Augenglas in einem kurzen Rohre befeſtigt wurde, das der Beobachter mit der Hand hielt. So wohl die Entfernung als auch die Richtung der beyden Linſen, wurde vermittelſt einer ſtarken, zwiſchen dem Rahmen des Objektivglaſes und dem Rohre des Augenglaſes ausgeſpannten Schnur, eingerichtet.

Ein auf dieſe Art eingerichtetes Inſtrument hat man ein Lufttelescop oder Luftfernrohr genannt. Der Gebrauch deſſelben iſt aber offenbar unbequem, und doch ſind mit einem Fernrohre dieſer Art fünf Begleiter oder Monden des Saturn und andere merkwürdige Gegenſtände entdeckt worden.

Die Unvollkommenheiten, denen ein ſolches Fernrohr unterworfen iſt, ſind hauptſächlich eine Folge der zerſtreuenden Kraft des Glaſes, die vorzüglich an dem Rande des Geſichtsfeldes, oft Kreiſe, welche prismatiſche Farben haben, erzeuget. Seit der Erfindung der achromatiſchen oder farbenloſen Linſen aber, hat man die Fernröhre viel kürzer gemacht, indem man, ſtatt eines einzelnen Objektivglaſes K M, entweder eine doppelte oder dreyfache achromatiſche oder farbenloſe Linſe eingeſetzt hat, weil durch eine achromatiſche Linſe die nachtheilige Wirkung der Zerſtreuung, wenn nicht ganz, doch größtentheils, verhütet wird.

Bey einem Teleſkop oder Fernrohr von einer gegebenen Länge, wird der Theil des Gegenſtandes, der auf

einmal in daſſelbe fällt, oder den man auf einmal überſieht, oder das Geſichtsfeld, *) durch die Breite des Okulars oder des Augenglaſes beſtimmt; denn je nachdem A E größer oder kleiner iſt, ſo iſt auch der Winkel A L E oder der ihm gleiche P L Q größer oder kleiner, und dieſer Winkel umfaßt den ganzen Gegenſtand, oder den Theil eines Gegenſtandes, den man an der einen Seite der Axe des Fernrohres auf einmal überſehen kann. Um aber das Geſichtsfeld und in großer Maaße auch die vergrößernde Kraft ſo viel als möglich zu vermehren, beſteht das Augenglas, oder was die Stelle einer einfachen Linſe vertritt, wie es jetzt gebräuchlich iſt, aus zwey plan-konvexen Linſen, die in einer kleinen Entfernung von einander eingeſetzt werden. Der Vortheil einer ſolchen Verbindung iſt S. 267 gezeigt und erklärt worden.

Der Gegenſtand, der durch das beſchriebene Fernrohr umgekehrt geſehen wird, erſcheint aufrecht und deutlich, wenn noch zwey konvexe oder erhabene Augengläſer eingeſetzt werden. So iſt es Fig. 5 Taf. XXII. abgebildet. Das hier vorgeſtellte Fernrohr iſt das nemliche, als was bey Fig. 4 abgebildet worden, jedoch mit dem Unterſchied, daß es noch zwey andere konvexe Linſen bekommen hat, nemlich B und C, die in einer Entfernung von einander angebracht worden, welche der Summe ihrer Brennweiten gleich iſt, und ſind ihre Brennweiten gleich, ſo wird der Gegenſtand um ſo viel als ohne dieſe eingeſetzten Gläſer vergrößert, indem er durch dieſe Linſen aufrecht oder gerade und nicht verkehrt

*) Das Geſichtsfeld eines Fernrohres iſt alſo der Raum, den man durch daſſelbe auf einmal überſieht. Seine Größe wird durch den Winkel gemeſſen, unter welchem der Durchmeſſer deſſelben dem Auge erſcheint. T.

kehrt erscheint. Man hat sich daher dieses Fernrohres meistens bey der Beobachtung von Gegenständen bedient, die sich auf der Erde befinden und es daher das Erdfernrohr, oder das Perspektiv genannt.

Denn die Strahlenkegel E O F, A O B, u. s. w. welche bis zur Linse F B fortgehen, werden durch dieselbe in ein zweytes Bild S T verwandelt, und der Brennpunkt S irgend eines der schiefen Kegel O B, wird durch die Durchschneidung (intersection) der Linie S T, welche senkrecht auf die gemeinschaftliche Axe der Linse ist, und durch die schiefe Axe F S, welche mit den einfallenden Strahlen O B parallel gezogen wird, bestimmt. Da dieser Punkt S der Brennpunkt der einfallenden Strahlen auf die letzte Linse G C, ist, so werden die ausfallenden Strahlen C D mit der schiefen Axe S G parallel seyn, weil man annimmt, daß die Strahlen, welche von T aus fortgehen, mit der geraden Axe parallel ausfallen; es wird daher der Gegenstand dem Auge bey D deutlich und aufrecht erscheinen.

Wenn sich die Linsen B und C ganz gleich sind, dann ist der Winkel C D G, der nun die scheinbare Größe des Gegenstandes misset, dem Winkel A O E gleich, daher u. s. w.

Die letzte Linse, oder diejenige, die in diesem Fernrohre die nächste am Auge ist, wird gegenwärtig meistens doppelt gemacht, so nemlich, daß statt einer, zwey Linsen mit einander verbunden werden, um das Gesichtsfeld zu erweitern, daher enthalten gegenwärtig die meisten Erdenfernröhre vier Linsen in dem Augenrohre.

Das galileische Fernrohr besteht aus einem erhabenen Objektiv- oder Vorderglase und aus einem hohlen Augenglase, und hat seine Benennung von dem großen Galilei bekommen, den man allgemein für den Erfinder desselben hält. Die sechste Figur der zwey und zwanzigsten Platte, zeigt, daß die Entfernung zwischen den

beyden Linsen oder Gläsern geringer ist, als die Brennweite des Objektivglases; es ist nemlich hier, statt der erhabenen Linse, die sich hinter der Stelle des Bildes befindet, um zu machen, daß die Strahlen eines jeden Kegels in paralleler Richtung zu dem Auge fortgehen, ein hohles Augenglas eben so weit vor dem Bilde eingesetzt, und dieses Glas bricht die Strahlen eines jeden Kegels, die zu q und p zusammenfielen, auseinander und macht, daß sie parallel nach dem Auge ausfallen, wie einleuchtend wird, wenn man sich erinnert, daß die Strahlen durch das Augenglas, dessen Brennweite E q ist, wieder zurückgehen.

Das Auge muß nahe an das Hohlglas gelegt werden, um so viel Strahlenkegel als möglich aufzunehmen. Nimmt man dann an, daß ein ausfallender Strahl eines schiefen Strahlenkegels, rückwärts längs A O hervorgebracht werde, so wird die scheinbare Größe des Gegenstandes durch den Winkel A O E, oder den ihm gleichen q E p, gemessen, der sich zu dem Winkel q L p, (oder Q L p, als dem Maaße der Größe,) wie q L zu q E, also wie in dem astronomischen Fernrohre verhält. Es ist einleuchtend, daß durch dieses Fernrohr die Gegenstände aufrecht erscheinen, weil sich die Lichtstrahlen nicht durchkreuzen.

Das Gesichtsfeld dieses Fernrohres, oder die Menge der Gegenstände, die zugleich oder auf einmal in dasselbe fallen, hängt nicht, wie bey dem astronomischen, von der Breite des Augenglases, sondern von der Breite der Pupille des Auges ab, weil die Pupille kleiner ist als das Augenglas A B, und die Seitenstrahlenkegel jetzt nicht nach der Axe der Linse zu zusammenfahren, sondern von ihr aus auseinander fahren. Deswegen ist das Gesichtsfeld bey diesem Fernrohre kleiner als bey dem vorigen, die Gegenstände aber erscheinen durch dasselbe außerordentlich hell und deutlich.

Durch das Einsetzen eines achromatischen Objektivglases, anstatt der bloßen einfachen Linse K L, werden sowohl dieses, als auch die vorherbeschriebenen Fernröhre verbessert.

Das gewöhnliche Opernglas, (der Operngucker,) ist nichts anderes als ein kurzes galiläisches Fernrohr.

Das Nachtfernrohr, (Katzenauge) ist ein kurzes, ohngefähr zwey Fuß langes Fernrohr, welches die Gegenstände verkehrt, sehr erleuchtet, aber nicht stark vergrößert darstellt. Das Gesichtsfeld desselben ist also auch sehr groß.

Dieser Eigenschaften wegen, bedienen sich meistens die Schiffer dieses Fernrohres in der Nacht, um nicht weit entfernte Gegenstände zu entdecken, die sie sonst wegen Mangel des gehörigen Lichtes nicht sehen könnten, zum Beyspiele Fahrzeuge, Küsten, Felsen u. d. gl. m. Aber auch den Astronomen hat dasselbe, wegen seines großen Gesichtsfeldes und seiner großen Helligkeit bey der Aufsuchung und Entdeckung einiger Himmelskörper, deren Standort und Lage nicht genau bekannt ist, gute Dienste geleistet, auch ist es ihnen deswegen vortheilhaft, weil man mit demselben zugleich die verhältnißmäßige Lage oder Stellung verschiedener Sterne oder anderer Gegenstände übersehen kann, daher es auch Sternsucher, Kometensucher genannt wird.

Dieses Fernrohr hat ein ziemlich großes und einfaches Objektivglas, daher es eben seine große Helligkeit bekömmt. Denn da alle von einem jeden einzelnen Punkte des Gegenstandes ausgehenden Strahlen auf die ganze Linse eines Fernrohres fallen und von da aus zu einem Brennpunkte gebrochen werden, so ist es einleuchtend, daß je größer die Linse ist, desto größer die Zahl der Strahlen seyn müsse, die auf diesen Brennpunkt geworfen werden und daß folglich auch das Bild desto

heller seyn müsse. Für dieses Fernrohr kann man sich einer ziemlich großen Linse bedienen, weil dasselbe nicht bestimmt ist den Gegenstand mehr als ohngefähr vier bis sechsmal zu vergrößern.

Man setzt in dieses Fernrohr oft eine zweyte Linse ein, um die Brennpunktslänge des Objektivglases zu verkürzen. Das Augenglas ist zuweilen einfach, meist aber doppelt, (nemlich so, daß zwey plankonvexe Linsen in einer kleinen Entfernung von einander hinein gesetzt werden,) und ziemlich groß. Daher hat es auch ein so großes Gesichtsfeld, das bey einigen dieser Fernröhre mehr als sechs oder sieben Grade beträgt.

Hiebey muß ich ein für allemal bemerken, daß sich bey jedem Fernrohre die Entfernung zwischen dem Objektivglase und den anderen Linsen muß verändern lassen können, um den Brennpunkt nach Verhältniß der Entfernung der Gegenstände einrichten zu können. Daher besteht eben ein jedes Fernrohr wenigstens aus zwey Rohren, von welchen das eine, nemlich das mit dem Augenglase, in das andere geschoben werden kann. Man kann auch an ein und dasselbe Fernrohr nach Bedürfnis verschiedene Augenrohre, die hohlere oder tiefere Linsen, oder auch mehrere Linsen haben, stecken, theils um ihnen nach Erfordern des Grades der Helligkeit der Luft, der Gegenstände u. s. w. verschiedene vergrößernde Kräfte geben, und theils um sie in astronomische oder Erden-Fernröhre verwandeln zu können.

Von dem katadioptrischen Fernrohre. *)

Dieses Teleskop heißt auch das Newton'sche, und auch das Zurückwerfende. Wenn auch Newton nicht der Erfinder desselben ist, so war er doch der

*) Es heißt auch Spiegelteleskop; auch Reflektor; welche Art man eigentlich Teleskope zu nennen pflegt. T.

erste, der ein Teleskop dieser Art zu Stande brachte, das, wie schon der Name desselben anzeigt, aus zurückwerfenden und brechenden Theilen besteht.

Der allgemeine Grundsatz dieses Teleskops, ist kein anderer als der, auf dem auch die Einrichtung des dioptrischen und brechenden Fernrohres beruht. In dem letzteren werden die von einem entfernten Gegenstande kommenden Strahlen, durch die Wirkung des erhabenen Objektivglases, in einen Brennpunkt gesammelt, worauf die Strahlen eines jeden einzelnen leuchtenden Punktes jenseits dieses Brennpunktes durch die Wirkung des Augenglases oder der Augengläser, wieder parallel gemacht werden. Dies drückt man auch so aus, daß man sagt: das Objektivglas mache ein Bild des Gegenstandes, das durch das Augenglas gesehen werde. — In dem zurückwerfenden Teleskope dargegen werden die von einem entfernten Gegenstande kommenden Strahlen durch die Wirkung eines Hohlspiegels zusammenfahrend zu einem Brennpunkt zurückgeworfen, wo sie ein Bild entwerfen, das durch das Augenglas gesehen wird.

Es giebt vier Arten dieses Teleskopes, die man leicht wird kennen und unterscheiden lernen.

Fig. 7 Taf. XXII. stellt das Wesentliche der ursprünglichen Einrichtung desselben dar. A C D B ist der Durchschnitt eines bey A B offenen Rohres. E F ist ein an dem Boden des Rohres befestigter Hohlspiegel, m n ist ein von der einen Seite des Rohres hervorstehender und bis in die Mitte oder Axe desselben reichender Arm, wo er einen kleinen, schief gestellten platten Spiegel G trägt, so daß die von einem jeden einzelnen Punkte eines entfernten Gegenstandes kommenden und auf den Hohlspiegel E F fallenden Strahlen, durch denselben konvergirend nach dem kleinen platten Spiegel G zurückgeworfen werden, welcher sie seitwärts abbeugt und sie noch immer so konvergent nach einer in der Sei-

te des Rohres befindlichen Oeffnung bey H wirft, wo dann das Bild des Gegenstandes I K gebildet wird, das man dann durch ein Augenglas L, oder durch ein Rohr mit mehr als einem Augenglase, um den Gegenstand, wie in den oben beschriebenen brechenden Fernröhren, aufrecht darzustellen, siehet.

Es ist einleuchtend, daß die Brennpunktslänge des Spiegels E G plus G H gleich ist, denn blos der platte Reflektor oder Spiegel G beugt die Strahlen seitwärts. Ohne diesen kleinen Spiegel würden die von E F zurückgeworfenen Strahlen ein Bild bey O machen, (indem O G mit G H gleich ist,) wo auch in der That ein Augenglas angebracht werden könnte, so daß der durch dasselbe sehende, mit dem Gesichte gegen den Spiegel E F gekehrte Beobachter, das vergrößerte Bild des Gegenstandes I K sehen müßte, allein in diesem Falle würde der Kopf des Beobachters einen großen Theil der Strahlen auffangen; wird jedoch der Spiegel E F ein wenig schief gestellt, so kann sein Brennpunkt nach P geworfen werden, so daß, wenn daselbst das Augenglas angebracht wird, der Kopf des Beobachters — zumal wenn der Spiegel E F von beträchtlicher Größe ist, — wenig oder nichts von dem Lichte auffangen wird. Dies macht die zweyte Verschiedenheit, oder Art der Teleskope.

Die vergrößernde Kraft dieses Teleskopes wird auf die nemliche Art wie die des brechenden Teleskops bestimmt, nemlich, die Brennweite des Spiegels E F, (welcher dem Objektivglase des brechenden Fernrohrs ähnlich ist,) wird durch die Brennweite des Augenglases dividirt und der Quotient zeigt dann, wie vielmal der Gegenstand durch das Teleskop größer erscheint, als ohne dasselbe gesehen.

Dieses Teleskop hat bey H eine Einrichtung, das heißt nemlich: das kurze Rohr mit dem Augenglase, oder den Augengläsern, kann ein wenig weiter hineingeschoben oder herausgezogen werden, denn die Brennweite des Spiegels E F wird größer oder kleiner, je nachdem die Entfernung des Gegenstandes größer oder kleiner ist.

Die dritte Art der Teleskope heißt das gregorianische Teleskop und ist Fig. 8 Taf. XXII. abgebildet. Der große Hohlspiegel B E dieses Teleskopes ist gerade in seiner Mitte durchbohrt. In dem Rohre des Teleskopes wird von dem Arme H ein kleiner Hohlspieges x y, so getragen, daß er dem großen Spiegel B E gerade gegenüber steht. In dem Okular oder Augenrohre befinden sich zwey Linsen W X und n t und der Beobachter legt das Auge an einer kleinen Oefnung bey P an, um den vergrößerten entfernten Gegenstand G sehen zu können.

Der große Spiegel B E, bekömmt die Strahlen a c, b d, von dem entfernten Gegenstande und wirft sie zu seinem Brennpunkte e zurück, wo sie das umgekehrte Bild machen, oder einander durchkreuzen und dann auseinanderfahrend, auf den kleinen Spiegel x y fallen, dessen Brennpunkt bey F ist, also ein wenig weiter als der Brennpunkt e des großen Spiegels, von da werden die Strahlen auf die Linse W X nicht auf eine parallele, sondern auf eine zusammenfahrende Art zurückgeworfen, und durch die Wirkung dieser Linse noch mehr zusammengedrängt, so daß sie zu einem Brennpunkte zusammenfallen, oder ein zweytes Bild R S hervorbringen, das viel größer als das erste ist und aufrecht, wie der Gegenstand selbst erscheint. So wird endlich dieses Bild durch das Okular oder Augenglas n o gesehen, oder mit anderen Worten, die von einem jeden einzelnen Punkte

des Gegenstandes ausgehenden Strahlen, fallen nach dieser zweyten Durchkreuzung auseinanderfahrend auf das Augenglas, welches sie dann in beynahe paralleler Richtung durch ein sehr kleines Loch dem Auge bey P zusendet. Zuweilen ist das Augenglas n o, doppelt, das heißt; es besteht aus zwey Linsen, welche statt einer einfachen Linse, wie oben S. 267 erklärt worden, eingesetzt werden.

Wenn die erste Linse W X herausgenommen würde, so würde das Bild bey z etwas größer werden, aber dann würde die Fläche oder das Gesichtsfeld kleiner und nicht so angenehm seyn. An dem Orte des Bildes R S wird ein kreisförmiges Stück Messing eingesetzt, welches die Blendung genannt wird und mit einer Oefnung versehen ist, die gerade groß genug ist, das ganze Bild durchzulassen oder zu umschreiben und doch auch enge genug, um alles überflüssige oder äußere Licht abzuhalten, so daß der Gegenstand so deutlich, als möglich ist, kann gesehen werden.

Die vergrößernde Kraft dieses Teleskop's wird auf folgende Art berechnet:

Wenn es blos aus den beyden Reflektoren oder Spiegeln bestände und diese so darinnen angebracht wären, daß e der Brennpunkt eines jeden derselben wäre, dann würden die Strahlen, die von dem entfernten Gegenstande parallel zu dem großen Spiegel kommen und von diesem auseinanderfahrend zu dem kleinen Spiegel gehen würden, nach der zweyten Zurückwerfung parallel zu dem Auge bey P gehen und folglich würde der Gegenstand in dem Verhältnisse der Brennpunkts; Entfernung des großen Spiegels zu der Brennpunkts; Entfernung des kleineren vergrößert erscheinen, so daß, wenn sich die Brennpunkts; Entfernung des ersteren zu der des letzteren wie sechs zu eins verhielten, dann das Bild im Durchmesser sechsmal vergrößert werden würde. Da

aber das erste Bild in ein zweytes viel größeres, das man durch das Augenglas sieht, ist verwandelt worden, so steht die ganze vergrößerende Potenz oder Kraft in einem zusammengesetzten Verhältnisse von d e zu e x und von x z zu z o. Wenn das erstere Verhältniß wie 6 zu 1 und das letztere wie 8 zu 1 ist, so wird der Gegenstand durch das Teleskop 48 mal, (nemlich 6 mit 8 multiplicirt,) größer im Durchmesser erscheinen, als durch das bloße Auge.

Die vierte Art der zurückwerfenden oder Spiegel-Teleskope, ist unter dem Namen des Cassegrainischen Teleskopes bekannt. Es unterscheidet sich von dem Gregorischen dadurch, daß bey ihm der kleine Hohlspiegel ein erhabener ist. Daher muß der kleine Spiegel näher bey dem großen Spiegel, als der Brennpunkt des letzteren ist, angebracht werden, denn die Strahlen fallen von dem großen Spiegel zusammenfahrend auf den kleinen erhabenen Spiegel und werden von diesem zusammenfahrend auf die Linse W X zurückgeworfen u. s. w.

Der einzige bemerkenswerthe Unterschied zwischen diesem und dem gregorischen Teleskope ist der, daß in dem Cassegrainischen der Gegenstand verkehrt erscheint, weil kein Bild in demselben hervorgebracht wird, oder die Strahlen zwischen den beyden Spiegeln sich einander nicht durchkreuzen. *) Auch ist bey einer gleichen vergrößerenden Kraft u. s. w. dieses Teleskop um die doppelte Brennweite des kleinen Spiegels kürzer als das Gregorische.

*) Man könnte zwar auch bey diesem die Bilder aufrecht darstellen, indem man ein einziges hohles Okular einsetzte oder auch vier oder mehr Augengläser verbände, aber im ersteren Falle würde das Gesichtsfeld und im zweyten die Helligkeit gar sehr leiden. T.

Bey beyden Teleskopen läuft außen längs dem Rohre ein daran befestigter Draht hin, an dessen Ende eine Schraube befindlich ist, die in eine äußere Hervorragung g des inneren Armes oder Trägers des Spiegels paßt und dazu dient, den Arm mit dem kleinen Spiegel dem größeren näher zu bringen, oder ihn weiter von demselben zu entfernen, um den Brennpunkt des Teleskops der Entfernung des Gegenstandes gemäß einrichten zu können. Die Wirkungsart dieses Drahtes ist leicht ein zu sehen. Er geht nemlich durch ein Loch bey F, wo er, wie man auf dem Kupfer sieht, durch zwey Zapfen oder Knöpfe verhindert wird sich vorwärts oder rückwärts zu ziehen. Wenn daher der Beobachter durch die Oefnung P sieht, so kann er den Draht vermittelst des Knopfes Q mit der Hand drehen und so den an dem Arme oder dem Träger befindlichen Spiegel näher bey oder weiter abschrauben u. s. w. bis der Gegenstand sehr deutlich erscheint.

Ueberhaupt genommen kann man den Spiegelteleskopen einen größeren Grad der Wirksamkeit geben, als den brechenden Fernröhren von gleicher Länge. Die Ursache davon liegt hauptsächlich darinn: daß die Lichtstrahlen durch die Zurückwerfung nicht, wohl aber durch die Brechung zerstreut werden, und auch darinn: daß man den großen Spiegeln oder Reflektoren eine mehr parabolische, oder doch wenigstens eine solche Gestalt geben kann, die ihrer Absicht besser als die sphärische Form entspricht. Die Spiegelteleskope aber sind größer und schwerer als die brechenden; wo man daher keine kurzen und tragbaren Teleskope hat, kann man die achromatischen Fernröhre vorziehen; auf Sternwarten aber, denen große und sehr wirksame Fernröhre fehlen, sollte man sich der Spiegelteleskope vor anderen bedienen.

Das größte jetzt existirende Spiegelteleskop ist das, was der berühmte Astronom Doktor Herschel verferti-

get hat. Es ist ein Teleskop der zweyten Art, das heißt: ein solches, bey dem der Beobachter durch ein Augenglas auf den großen Spiegel sieht, dessen polirte Oberfläche 48 Zoll im Durchmesser hat und dessen Brennweite gegen 40 Fuß beträgt. *) Ich kenne kein brechendes Fernrohr, dessen Kraft, der dieses riesenmäßigen Teleskopes, oder eines anderen auch von Herschel verfertigten von 20 Fuß, oder auch nur eines seiner sieben Fuß langen Spiegelteleskope, denen er eine vergrößerende Kraft von einigen tausenden geben kann, gleich käme †).

Die oben erwähnten Methoden, die vergrößerenden Potenzen oder Kräfte der Teleskope zu berechnen, sind im Ganzen genommen nicht sehr anwendbar, weil die Linsen und Spiegel nicht gut herausgenommen werden können, wie doch geschehen müßte, wenn ihre besonderen Brennweiten sollten bestimmt werden. Ich will daher hier eine Methode angeben, wie dieser Zweck auf eine praktische Weise erreicht werden kann.

Es giebt verschiedene Methoden die vergrößerenden Kräfte von Teleskopen durch Experimente zu bestimmen *); ich will indessen hier nur eine der leichtesten angeben, die von John Edwards in folgenden Ausdrücken ist beschrieben worden: „Man stelle oder hänge in einer Entfernung von 100 oder 200 Ellen (Yards) von dem Teleskope ein kleines kreisförmiges Stück Papier, von einem beliebigen Durchmesser, zum Beyspiele dem eines Zolles, auf. Auf eine Karte, oder ein Stück starkes Papier, durch welches das Licht nicht leicht dringen

*) Man sehe die philosophischen Transactionen von 1795. Artikel 18.

†) S. Ebendieselben B. 72. Artikel 11.

*) Man sehe Doctor Smith's Optik, die Anmerkungen zum 109. und 485. Artikel; auch meine Beschreibung und Gebrauch des Perlmutter-Mikrometers, London 1793.

kann, ziehe man zwey schwarze Parallellinien, deren Entfernung von einander genau dem Durchmesser des kleinen kreisförmigen Papiers gleich ist. Dann richte man das Teleskop zum deutlichen Sehen ein, und sehe nun mit dem einen Auge nach dem erwähnten kreisförmigen Papiere und zugleich mit dem anderen nach den zwey Parallellinien. Dann bringe man diese Parallellinien näher zu dem Auge oder weiter von ihm hinweg, bis man sieht, daß sie genau das in dem Teleskope gesehene kleine kreisförmige Papier zu bedecken scheinen. Darauf messe man die Entfernung des kleinen kreisförmigen Papieres und auch die der Parallellinien von dem Auge und dividire die Entfernung des ersteren durch die des letzteren, so bekömmt man die gesuchte vergrößerende Kraft des Teleskopes."

Ich habe im Vorhergehenden der Röhre, Gestelle, und Bewegungen, die man gewöhnlich den Teleskopen giebt, darum nicht erwähnt, weil erstlich diese Punkte nichts zur Erklärung der Grundsätze optischer Instrumente beytragen und zweytens darum: weil die besondere Beschreibung solcher äußeren Theile nach allen ihren Verschiedenheiten mehr Raum einnehmen würde, als ich ihr widmen darf. Indessen giebt es doch noch zwey zu den Teleskopen gehörige nützliche Instrumente, die eine kurze Beschreibung verdienen.

Um das schnellere Finden eines Gegenstandes zu erleichtern, wird gewöhnlich an dem Rohre eines großen Teleskopes ein Sucher, (Finder,) das heißt: ein kurzes Fernrohr A, Fig. 8 befestiget. Dieser Sucher vergrößert den Gegenstand nicht stärker als 4, 6 oder 8 mal; aber er hat ein großes Gesichtsfeld, so daß man durch ihn einen großen Theil des Himmels zugleich übersehen kann. In seinem Rohre sind genau bey dem Brennpunkte des Okulars zwey dünne Drähte befindlich, die sich in der Axe des Teleskops durchkreuzen. Dieser

Sucher wird nun durch Schrauben auf dem Rohre des großen Teleskopes so eingerichtet, daß ein Gegenstand der durch den Sucher gesehen, dem Durchkreuzungspunkte der erwähnten Drähte nahe erscheint, zu gleicher Zeit auch durch das große Teleskop gesehen werden kann. Wünscht dann der Beobachter einen kleinen entfernten Gegenstand, dergleichen ein Stern, ein Planet u. s. w. ist, zu sehen, so bewegt er das Instrument so lange hin und her, bis er durch den Sucher siehet, daß der Gegenstand beynahe den Durchkreuzungspunkt der Drähte deckt, dann sieht er sogleich auch durch das große Teleskop nach demselben u. s. w. *)

Auch ein Mikrometer **) wird zuweilen bey Fernröhren angebracht. Man bedient sich desselben um kleine Winkel zu messen. Es sind eine große Menge von verschiedenen Mikrometern von mehrern scharfsinnigen Männern erfunden worden und man hat sie mehr oder weniger zusammengesetzt, mehr oder weniger kostbar und mehr oder weniger genau. Wenn der Leser wünschen sollte die Einrichtung der verschiedenen Arten derselben zu untersuchen und kennen zu lernen, so wird er in den in der untenstehenden Anmerkung genannten Schriften, Befriedigung für seine Wißbegierde finden. ***) Ich begnüge mich hier die Beschrei-

*) Da dieser Sucher auf dem Teleskope so befestigt werden muß, daß seine Axe der Axe des Teleskopes vollkommen gleichlaufend ist, so zeigt sich natürlich der Stern u. s. w., sobald er im Sucher erscheint, auch in dem Teleskope, weil beyde parallele Axen haben. Der Gegenstand, den man mit dem Sucher auffinden will, um ihn durch das größere Teleskop zu sehen, muß gerade in die Mitte des Gesichtsfeldes des Suchers gebracht werden, dann sieht ihn das Auge durch das größere Teleskop ebenfalls in der Mitte des Gesichtsfeldes. T.

**) Das ist: eine Vorrichtung zu Abmessung kleiner Größen.

***) Man sehe hiebey nach: Smith's Optik B. 3. K. 8. (Besonders in Bezug auf die Geschichte der Mikrometer.) Dol-

bung eines von mir vor einigen Jahren erfundenen sehr einfachen und doch zugleich sehr genauen Mikrometers beyzufügen, wenn ich vorher noch bemerkt habe, daß das Mikrometer überhaupt bestimmt ist, die Größe des Bildes, das in dem Brennpunkte des Augenglases oder der Augengläser in dem Teleskope entworfen wird, zu messen, indem man, wenn man die vergrößernde Kraft des Teleskopes kennt, leicht berechnen kann, welchem Winkel jenes Maaß entspricht. Wenn zum Beyspiele das Teleskop dreyßigmal vergrößert und das Mikrometer zeigt, daß die Länge des Bildes des Gegenstandes einen Winkel von zwey Minuten macht, so kann man daraus folgern, daß der wahre Gegenstand einen Winkel macht, der den 30sten Theil von zwey Minuten, nemlich vier Sekunden beträgt und so fort.

Mein Mikrometer besteht aus einer kleinen halbdurchsichtigen Skale, oder einem solchen Streifen von Perlmutter, der ohngefähr die Breite eines zwanzigsten Theiles eines Zolles und die Stärke des gewöhnlichen Schreibepapieres hat. Er ist durch Parallellinien in eine Zahl gleicher Theile getheilt, von welchen Abtheilungslinien immer jede fünfte und zehnte ein wenig länger als die übrigen ist.

Ionds Mikrometer betreffend: die philosophischen Transactionen B. 61. S. 536. Wegen Boscovih's Mikrometer: eben dieselben B. 67. S. 789. 799. Ueber Rochon's Mikrometer: dessen Sammlung von Abhandlungen über die Mechanik und Physik. Ueber Ramsden's Mikrometer: die philosophischen Transactionen B. 69. S. 419. Ueber Herschels Lampenmikrometer: eben dieselben B. 72. Art. 13. Wegen Smeaton's Aequator-Mikrometer: eben dieselben B. 77. Art. 33. (Auch findet man Belehrung darüber in Hube's Unterricht in der Naturlehre B. 3. S. 460. ff. 470. ff. und in Gehlers physikalischem Wörterbuche unter dem Artikel Mikrometer.

Dieses Mikrometer oder diese eingetheilte Skale wird in dem Rohre des Teleskopes bey dem Brennpunkte des Augenglases, wo das Bild erzeugt wird, angebracht und geht mit seinem eingetheilten Ende durch den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes; indessen ist das letzte nicht schlechterdings nothwendig. Es ist gleichgültig, ob das Teleskop ein brechendes Fernrohr oder ein Spiegelteleskop ist, nur muß in beyden Fällen das Augenglas erhaben und nicht, wie bey dem galiläischen Teleskope, ein Hohlglas seyn.

Die einfachste Art es zu befestigen ist, es auf die Blendung, die gewöhnlich in dem Rohre bey der Brennweite des Augenglases steht, zu stecken.

Wenn man durch das Teleskop sieht, so wird man sehen, daß der Gegenstand und das Mikrometer einander decken, daher kann der Beobachter leicht bemerken, wie viel Abtheilungen des letzteren die Länge oder Breite des ersteren einnimmt oder beträgt, und kennt er den Werth der Abtheilungen des Mikrometers, so kann er leicht den Winkel, den der Gegenstand mit dem Auge macht, bestimmen.

Es giebt verschiedene Methoden den Werth der Abtheilungen eines Mikrometers in einem gegebenen Teleskope zu bestimmen; die folgende aber ist eine der leichtesten.

Man richte das Teleskop auf die Sonne und bemerke, wie viel Abtheilungen des Mikrometers der Durchmesser derselben ganz genau mißt. Dann nehme man aus dem Schiffer Almanach den Durchmesser der Sonne für den Tag, an welchem die Beobachtung angestellt wird, dividire ihn durch die obenerwähnte Anzahl von Abtheilungen, so ist der Quotient der Werth einer Abtheilung des Mikrometers. Man nehme zum Beyspiele an, daß der Durchmesser der Sonne $26\frac{1}{2}$ Abtheilungen

des Mikrometers messe und daß der Schiffer Almanach als das Maaß des Winkels, den eben dieser Durchmesser macht, 31′, 22′′, oder (wenn das Ganze in Sekunden verwandelt wird,) 1882″ angebe; so dividire man 1882″ durch 26, 5, so giebt der Quotient, (einen kleinen Rest abgerechnet,) 71″ oder 1′, 11″ und dies ist der Werth einer Abtheilung des Mikrometers; dieser Quotient doppelt genommen giebt den Werth von zwey; dreymal genommen von drey Abtheilungen und so fort.

Das Mikroskop ist ein anderes, höchst nützliches, instruktives und Vergnügen gewährendes optisches Instrument. So wie uns das Fernrohr in den Stand setzt, Gegenstände, oder Theile von Gegenständen, die uns sonst wegen ihrer weiten Entfernung von uns, unsichtbar bleiben würden, zu unterscheiden, so macht es das Mikroskop uns möglich, solche kleine Gegenstände und ihre Theile, die uns ohne dasselbe schlechterdings unerkennbar bleiben würden, wahrnehmen zu können.

Ich habe bereits erwähnt, daß es zwey Arten von Mikroskopen giebt, nemlich: das einfache, das nur aus Einer Linse besteht und das zusammengesetzte, in welchem mehrere Linsen mit einander verbunden sind. Man hat auch wohl das Sonnenmikroskop und das Lampenmikroskop als zwey andere, von jenen verschiedene Arten angenommen, aber beydes sind in der That blos einfache Mikroskope, in denen die Gegenstände entweder von der Sonne oder einer Lampe, einer Kerze u. s. w. beleuchtet werden.

Von den Eigenschaften des einfachen Mikroskops, das heißt: von der vergrößernden Potenz oder Kraft u. s. w. einer einfachen kleinen Linse, ist das Nöthige in dem Vorhergehenden gesagt worden. Blos in Ansehung der Grenzen desselben muß ich noch bemerken, daß

man kleine Linsen gemacht hat, deren Brennweite kürzer als der zweyhundertste Theil eines Zolles war und die folglich den Gezenstand mehr als sechzehnhundertmal im Durchmesser vergrößern, indessen fallen so sehr kleine Linsen höchst selten weder in Ansehung der Gestalt noch auch der Politur so gut aus, als es seyn sollte. Man hat auch vermittelst einer Lampe und des Blasrohres kleine Glaskügelchen darzu eingerichtet, deren Durchmesser ohngefähr den tausendsten Theil eines Zolles betrug, und deren vergrößerende Kräfte ungeheuer groß waren; allein der Gebrauch solcher kleinen Linsen oder Kügelchen ist mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden, ihr Gesichtsfeld ist außerordentlich klein und da der Gegenstand äußerst nahe an ihre Oberfläche gebracht werden muß, so werden sie oft dadurch beschmuzt oder sie bekommen Risse und werden folglich unbrauchbar. Man muß es jedoch gestehen, daß man durch eine einfache Linse, wenn sie eine gute Gestalt hat und gut polirt ist, einen Gegenstand viel heller und deutlicher sehen kann als durch ein zusammengesetztes Mikroskop von einer gleichen vergrößernden Kraft.

Fig. 9 Taf. XXII. sind die beyden Linsen eines zusammengesetzten Mikroskopes abgebildet. a c b ist ein kleiner Gegenstand, der zwar nicht genau in dem Brennpunkte der kleinen Objektivlinse d e f, aber doch nahe bey demselben angebracht ist, und die von irgend einem einzelnen Punkte des Gegenstandes ausgehenden Lichtstrahlen, werden durch die Wirkung dieser Linse irgend wo bey A B C, zu einem Brennpunkte vereinigt, wo sie ein Bild machen, das um eben so viel größer als der Gegenstand ist, als die Entfernung B e, größer ist als die Entfernung e c. Eine andere größere Linse D F, wird so angebracht, daß der Brennpunkt derselben bey B seyn kann. Befindet sich nun das Auge des Beobachters bey I, so sieht es das Bild A C durch diese große

Linse D F vergrößert, oder mit anderen Worten: die von einem jeden einzelnen Punkte des Gegenstandes, zum Beyspiele von dem Punkte c, ausgehenden Strahlen, werden, indem sie durch die Linse d f gehen, zu einem Brennpunkte B vereinigt, wo sie sich darauf durchkreuzen und dann divergirend oder auseinanderfahrend durch die Augenlinse D F fortgehen, welche macht, daß sie mit dem Auge beynahe parallel werden.

Die vergrößernde Kraft dieses Mikroskopes ist leicht zu berechnen, denn erstlich verhält sich das Bild A C zu dem Gegenstande, wie sich die Entfernung B e zu der Entfernung c e verhält, und zweytens: sieht man das Bild A C von I aus unter dem Winkel D I F, welcher dem Winkel A E C gleich ist, und folglich zeigt sich das Bild dem bloßen Auge um eben so viel länger, als die Entfernung B E kürzer ist als acht Zoll, oder die Grenze des deutlichen Sehens für das bloße Auge, so daß, wenn die Entfernung e c einen Zoll, e B sechs Zoll und E B zwey Zoll beträgt, dann das Bild A C sechsmal länger ist als der Gegenstand a b und durch die Linse D F viermal vergrößert wird, so daß überhaupt der Gegenstand a b dem Auge bey I viermal, oder sechsmal, oder vier und zwanzigmal vergrößert erscheint.

Dieses Mikroskop hat ein längeres Gesichtsfeld, als ein einfaches von der nemlichen Wirkung, und dies sein Gesichtsfeld wird noch mehr erweitert, wenn man außer der einfachen Linse D F, noch eine oder mehrere Linsen hinzufügt. Die vergrößernde Kraft eines Mikroskops mit mehr als zwey Linsen muß nach der Wirkung aller seiner Linsen berechnet werden, oder man kann sie durch einen auf folgende Art anzustellenden Versuch bestimmen: Man stelle einen Theil eines abgetheilten Maaßstabes vor das Mikroskop, so daß man, wenn man durch das Mikroskop darauf sieht, eine seiner Abtheilungen vergrößert sehen kann. Dann sehe man auch mit dem ans

deren Auge nach dem Maaßstabe außerhalb des Mikroskops, dann wird man das Bild der vergrößerten Abtheilung so sehen, als ob es auf dem Maaßstabe wäre entworfen worden, da man denn leicht sehen kann, wie viel Abtheilungen des nicht vergrößerten Maaßstabes der einzelnen vergrößerten Abtheilung gleich sind, oder wie viel von jenen diese mißt oder einnimmt, und diese Zahl bezeichnet die vergrößernde Kraft dieses Mikroskopes. Wenn also der Maaßstab auf die gewöhnliche Art in Zolle und Zehntel (Linien) eingetheilt ist, und man findet, daß ein vergrößertes Zehntel (Linie) drey Zollen gleich ist, so kann man daraus schließen, daß das Mikroskop dreyßigmal vergrößert.

So wohl die einfachen als auch die zusammengesetzten Mikroskope haben nach der Art ihrer Gestalt und ihres Gebrauchs mehrere Benennungen bekommen, die aber nicht von der wesentlichen Einrichtung derselben, sondern von dem Apparat hergenommen sind, welcher bey ihnen erforderlich ist, um sie entweder tragbar oder fest, oder zu irgend einem besonderen Zwecke geschickt zu machen. So giebt es ein Wassermikroskop, ein dunkles Mikroskop, (das ist: ein Mikroskop zur Beobachtung dunkler Gegenstände,) Wilson's Mikroskop u. s. w.

Man hat auch Mikroskope mit Spiegeln gemacht, daher sie Spiegelmikroskope sind genannt worden. Den Grundsatz ihrer Zusammensetzung kann man leicht von dem ableiten, was oben in dieser Rücksicht von den Spiegelteleskopen ist gesagt worden. Indessen sind die Spiegelmikroskope überhaupt genommen, weder so brauchbar, noch auch so leicht zu handhaben als die mit Linsen.

Man hat auch bey zusammengesetzten Mikroskopen Mikrometer wie bey den Teleskopen und auch auf eben die Art wie bey diesen angebracht, nemlich an der Stelle innerhalb des Körpers des Mikroskop's, wo das Bild

hervorgebracht wird. Zuweilen werden aber auch die Mikrometer mit dem Gegenstande selbst verbunden, nemlich so, daß derselbe auf eine abgetheilte Skale von Glas, Elfenbein, Metall u. s. w. gelegt wird und beyde zu gleicher Zeit vergrößert werden. Allein die Mikrometer dieser Art sind bey weitem nicht so leicht anzubringen und auch nicht so allgemein anwendbar, als diejenigen, welche das Bild innerhalb des Mikroskopes messen, und unter diesen ist das oben beschriebene Perlmuttermikrometer bey weitem das genaueste und auch das einfachste. Man muß dabey blos bemerken, daß bey dem Mikroskope dieses Mikrometer blos die Dezimaldimensionen (Linien-Dimensionen) des Gegenstandes misset, und daß der Werth seiner Abtheilungen dadurch bestimmt wird, daß man einen Gegenstand, dessen Dimension bekannt ist, vor das Mikroskop bringt und bemerkt, wie viel Abtheilungen des Mikrometers das vergrößerte Bild desselben misset. Zum Beyspiele; man lege ein Stück Papier, das genau ein Zehntheil eines Zolles lang ist, unter das Mikroskop; findet man nun, daß das vergrößerte Bild desselben an dem Mikrometer 50 Abtheilungen misset, so kann man daraus folgern, daß jede Abtheilung dem 500sten Theile eines Zolles von dem Gegenstande gleich ist, oder besser eine so grosse Ausdehnung desselben bezeichnet, denn wenn 50 Abtheilungen ein Zehntheil (eine Linie) messen, so müssen 500 Theile den ganzen Zoll messen und so fort.

Das letzte Instrument, dessen ich noch in diesem Kapitel erwähnen muß, ist das Photometer oder der Lichtmesser. Die Bestimmung desselben ist, die verschiedenen Quantitäten oder die verschiedene Stärke des Lichtes, zum Beyspiele an einem trüben oder an einem hellen Tage, oder zwischen verschiedenen leuchtenden Körpern zu messen. Da aber ein bequemes Instrument dieser Art noch immer ein unerfüllter Wunsch für die Phy-

sik ist; so will ich nur im Allgemeinen bemerken: daß man versucht hat, das Verhältniß der Intensitäten oder der Lichtstärke zweyer leuchtender Körper dadurch zu messen, daß man sie in verschiedenen Entfernungen von einem gegebenen Gegenstande so stellt, daß derselbe zwey Schatten von gleicher Dunkelheit wirft; oder, daß man beobachtet, wenn von zwey gleichen Gegenständen jeder von einem der leuchtenden Körper eben so wie der andere erleuchtet erscheint, denn dann wird das Verhältniß der Stärke ihres Lichtes dem Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen gleich gerechnet. Zum Beyspiele: wenn zwey gleiche Gegenstände gleich stark erleuchtet erscheinen, wenn der eine drey Fuß von einem Talglichte, der andere aber neun Fuß von einem Wachslichte entfernt ist, so zieht man daraus den Schluß: daß die Stärke des Lichtes des Talglichts sich zu der Stärke des Lichtes der Wachskerze wie 9 zu 81 verhält *).

Man hat auch die Stärke des Lichtes vermittelst eines äußerst empfindlichen Thermometers gemessen und diese Erfindung ist sehr artig. *) Sie beruht aber auf der Voraussetzung, daß Licht und Wärme einerley seyen, oder daß man sie doch immer in gleichem Grade zusammen antreffe, oder daß einerley Lichtquantität auch immer einerley Wärmequantität errege, welches jedoch nicht der Fall ist.

*) Man sehe des Grafen Rumford Abhandlung in den philosophischen Transactionen vom Jahre 1794. Art. IX und auch Priestley's Geschichte des Lichtes, der Farben und des Gesichtes. Th. VI. Sekt. VII. — (Das rumford'sche Photometer beschreibt auch Hube in dem Unterrichte in der Naturlehre, B. 3. S. 165 der neuen Ausgabe; auch kann man Gehlers physikalisches Wörterbuch hieben vergleichen.)

**) S. Nicholson's Journal der Physik, Chemie u. s. w. B. III. S. 461 und 518.

Achtes Kapitel.

Naturerscheinungen, das Licht betreffend.

Ich habe dieses Kapitel der Erklärung solcher das Licht betreffender Naturerscheinungen bestimmt, deren ich in den vorhergehenden Kapiteln nicht hätte erwähnen können, ohne den Vortrag der allgemeinen Theorie der Optik zu unterbrechen.

Der Regenbogen ist ohne Widerspruch die häufigste, merkwürdigste und bekannteste dieser Erscheinungen, daher will ich auch von ihm den Anfang machen und zuerst die besonderen Umstände angeben, die seine Erscheinung begleiten und dann die gewöhnliche Erklärung desselben, nach der oben beschriebenen Theorie der Optik, hinzufügen.

Wenn die Sonne an der einen Seite des Beobachters steht und auf der anderen Seite ein Regen fällt, so sieht man oft an dem Himmel an der Seite wo es regnet, einen schönen farbigen Bogen, den man einen Regenbogen nennt. Oft sieht man zwey dergleichen Bogen und zwar konzentrisch oder so, daß einer innerhalb des anderen steht, wie Fig. 10 Taf. XXII.

Die Farben des inneren Bogens E A B F, sind viel lebhafter als die des äußeren G C D H. Beyde aber zeigen alle prismatische Farben und zwar in eben der Ordnung auf einander folgend, wie sie das prismatische Farbenbild darstellt, nemlich: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indig und Violet; in dem oberen Bogen aber stehen sie in umgekehrter Ordnung. Der untere

Bogen hat nemlich die violette Farbe bey A und die rothe bey B, der obere aber hat die rothe bey C und die violette bey D. Diese Farben aber spielen so in einander, daß kein menschliches Auge die Grenzen derselben von einander unterscheiden kann, und für die meisten Augen ist es so gar schwer, mehr als drey oder vier vorherrschende oder Hauptfarben zu unterscheiden.

Newton hat die Breite beyder Bogen und auch die zwischen ihnen befindliche Entfernung berechnet, indem er jedoch seine Berechnung auf die Voraussetzung gründet: daß das von der Sonne kommende und den Bogen in den Regentropfen bildende Licht, von einem einzelnen Punkte, nemlich von dem Mittelpunkte der Sonne komme. Das Resultat dieser Berechnung ist: daß die Breite des inneren oder unteren Bogens mit dem Auge des Beobachters einen Winkel von 1°, 45′ die Breite des äußeren aber, der viel breiter ist, einen Winkel von 3°, 10′ und die Entfernung zwischen den beyden Bogen, einen Winkel von 8°, 55′ mache. Da aber die Sonne kein Punkt ist und da das Licht von allen Theilen ihrer Oberfläche, deren Durchmesser einen Winkel von ohngefähr einem halben Grad macht, ausgeht, so sind die Breiten der Bogen größer und die Entfernung zwischen ihnen geringer als sie das obige Resultat angiebt. Eine wirkliche Messung vermittelst eines Quadranten zeigt, wenn die Farben lebhaft sind, allemal, daß die Breiten des unteren Bogens einen Winkel von 2°, 15′ die Breite des oberen einen Winkel von 30′ 40′ und die Entfernung oder der Raum zwischen beyden, einen Winkel von 8°, 25′ machet. Eben so macht auch der Halbmesser des Kreises, von welchem der innere Theil des unteren Bogens ein Bogen ist, einen Winkel von 42°, 17′, so wie der Halbmesser des Kreises, von welchem der innere Theil des oberen Bogens ein Bogen ist, einen Winkel von 50°, 42′ macht.

Die Lage der Regenbogen verändert sich, je nachdem das Auge des Beobachters seine Lage verändert: wäre dies nicht, so könnten die Breiten ꝛc. der Bogen nicht beständig einerley Winkel machen; daher können zwey Personen weder ganz bestimmt einen und denselben Bogen, noch auch die nemliche Farbe genau auf der nemlichen Stelle sehen.

Wenn der Beobachter auf einer Ebene steht und die Sonne nahe am Horizont ist, so ist der Regenbogen ein Halbkreis; je nachdem aber die Sonne höher über dem Horizont steht, ist auch der Regenbogen ein kleinerer Theil eines Kreises. Der innere oder untere Bogen kann nicht sichtbar werden, wenn die Höhe der Sonne über 42° beträgt und auch der obere Bogen verschwindet, so bald die Höhe der Sonne mehr als 54° ist.

Steht der Beobachter auf einer Höhe und die Sonne ist nahe am Horizont, so kann der Regenbogen grösser seyn, als ein Halbkreis und steht der Beobachter sehr hoch, und es regnet in seiner Nähe, so kann der Regenbogen einen vollkommenen Kreis bilden, denn in allen Fällen müssen sich der Mittelpunkt des Bogens, der Beobachter und die Sonne in einerley gerader Linie befinden, welche die Gesichtslinie genannt wird.

Zuweilen ist der Regenbogen vollkommen von einem Theile der Erde an bis zu dem anderen; zuweilen aber ist er auch entweder in der Mitte oder an irgend einem andern Theile unterbrochen. Das letztere ist der Fall, wenn der Regen nicht allgemein ist, weil eben in den Regentropfen die Bogen gebildet werden, oder durch sie das Licht in seine farbigen Strahlen zerstreut wird. Indessen können doch auch dergleichen Unterbrechungen, durch darzwischen getretene Wolken ꝛc. verursacht werden.

Es machen auch die verschiedenen Entfernungen des Regens, so wie der Wind, der den Regen nach einer

schiefen Richtung treibt, daß der Regenbogen zuweilen gebogen, ja selbst in einer ovalen Gestalt erscheint.

Die gewöhnliche Art die Entstehung des Regenbogens oder die Farbenzerstreuung des weißen Lichtes in den Regentropfen zu erklären, ist folgende:

Man lasse s t D, Fig. 11 Taf. XXII. einen Regentropfen in einer Wolke vorstellen und S s einen auf denselben fallenden Sonnenstrahl; so wird dieser Strahl, wegen der brechenden Kraft des Wassers, gegen F nicht gerade fortgehen, sondern so gegen die Perpendikulare s C gebogen werden, daß er bey t auf die Oberfläche des Tropfens stößt. An dieser Stelle nun geht ein Theil des Lichtes durch den Tropfen in die Luft, ein anderer Theil aber wird zurückgeworfen, indem er den Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich macht, und wird, wenn er bey e aus dem Wasser in die Luft kömmt, gebrochen, das heißt: von der geraden Richtung e f so abgebogen, daß er den Winkel p e O mit der Senkrechten C p, größer macht, als den Winkel C e t. Kurz, der Lichtstrahl S s wird, indem er in den Tropfen fällt und wieder herausgeht, zweymal gebrochen, nemlich bey s und e und einmal zurückgeworfen, nemlich bey t. Berechnet man nun nach der S. 190 angegebenen Methode, die Richtungen, die er an diesen Stellen nehmen muß, so wird man finden, daß der Winkel S F O 42°, 2′ hat.

Durch diese Brechungen wird das Licht in die prismatischen Farben O e B zerstreut, indem das rothe Licht, als dasjenige was die geringste Brechbarkeit hat, bey e O und das Violette bey e B ist, daher wird ein bey O befindliches Auge bey e ein rothes Licht wahrnehmen. Wird aber das Auge allmählig höher gebracht, so sieht es zunächst der rothen die orange, dann die gelbe, dann die grüne und endlich zuletzt die violette Farbe.

Dies würde nun der Fall seyn, wenn nur ein einzelner Regentropfen in der Wolke wäre und in derselben unbeweglich bliebe; allein es ist leicht einzusehen, daß, wenn das Auge des Beobachters unbeweglich bleibt und der Tropfen nach und nach von C zu E fällt, dann das Auge ebenfalls nach und nach alle die Farben von der rothen bis zu der violetten sehen müße, und da nun bey einem Regen sich zu eben und derselben Zeit zwischen C und E eine ungeheuere Menge Tropfen befinden, so bekömmt das Auge zu gleicher Zeit das rothe Licht von den Tropfen bey C oder nahe dabey, das orange Licht von den Tropfen, die ein wenig tiefer sind, das gelbe von denen, die noch tiefer sind u. s. w. und zuletzt das violette von den niedrigsten bey E. Daher ist das violette Licht, das man in der Richtung O E sieht, die unterste Farbe des ersten Regenbogens, so wie das rothe, welches man in der Richtung Oe sieht, die oberste ist.

Da der einfallende und der gebrochene Strahl, um eine bestimmte Farbe zu geben, einen gegebenen Winkel, wie S F O machen müssen, so folgt daher, daß der Regenbogen der Bogen eines Kreises, oder besser: die Basis eines Kegels seyn muß, dessen Axe, (das heißt: dessen Gesichtslinie,) durch das Auge des Beobachters und durch die Sonne, welche den Scheitelpunkt des Kegels bildet, gehen muß, denn in diesem Falle bilden blos gerade von irgend einem Punkte des Regenbogens auf die Sonne und auf das Auge des Beobachters gezogene Linien, den nemlichen erforderlichen Winkel. Daraus sieht man also, warum, wenn die Gesichtslinie auf dem Horizont ist, der Bogen ein Halbkreis seyn muß, und auch warum er kleiner als ein Halbkreis seyn muß, wenn die Gesichtslinie von der Sonne abwärts geneigt ist u. s. w.

Da ich oben von einem einfallenden Strahle, oder von dem Lichtstrahle S s gesprochen habe, so ist es vielleicht um der Deutlichkeit willen nöthig zu bemerken, daß dies nicht das einzige Licht ist, das von der Sonne auf den Tropfen s t D fällt, indem wirklich unzählige Strahlen auf die Oberfläche desselben fallen; allein, da sie verschieden geneigt fallen, so können nicht alle ihre wiederausfallenden Strahlen, zu dem nemlichen Auge kommen, daher hab' ich auch blos desjenigen Lichtes erwähnt, welches, indem es in der Richtung S s auf den Tropfen stößt, (nachdem es zweymal, nemlich bey s und e gebrochen und einmal bey t zurückgeworfen worden,) zu dem Auge bey O kommen kann.

Indessen gibt es auch noch einen anderen Theil des auf einen Regentropfen einfallenden Lichtes, der nachdem er zweymal gebrochen und auch zweymal zurückgeworfen worden, zu dem nemlichen Auge, wenn es sich nemlich in einer gehörigen oder zweckmäßigen Entfernung befindet, kommen kann, und dies ist das Licht, welches den zweyten oder den äußeren Regenbogen erzeuget.

Man lasse bey der nemlichen Figur d G s einen Regentropfen seyn, der höher ist als der Tropfen s t D, und Y s sey ein Lichtstrahl, der bey s in denselben dringt und statt gerade nach a zu fortzugehen, gegen die Senkrechte s C gebrochen wird, so wird er dann theils von d nach e und wieder von e nach g zurückgeworfen, indem er sowohl bey d als auch e die respektiven Reflexionswinkel den Einfallswinkeln gleich macht. Zuletzt wird dieser Strahl, indem er bey g aus dem Tropfen heraus geht, von der Senkrechten q C gebrochen und in den farbigen Ausschnitt B g O zerstreut, der die violette Farbe, welche am stärksten gebrochen wird, am nächsten bey B g hat, und die rothe, welche die schwächste Brechbarkeit besitzt, bey g O, so daß die Farben des oberen Regenbogens in einer Ordnung auf

einander folgen, die der Ordnung der Farben des unteren entgegengesetzt ist. Wenn man nun die Veränderungen der Richtung, die an den beyden Stellen der Brechung s, g, und an den beyden Stellen der Zurückwerfung d, e statt hat, berechnet, so wird man finden, daß der ausfallende rothe Strahl g O, mit dem einfallenden Strahle Y h einen Winkel O h Y von 50°, 57′ macht.

Weil das Licht in dem Tropfen G d s einmal mehr zurückgeworfen wird und auch länger in demselben verweilet, als in dem Tropfen s t D, so ist der Zerstreuungswinkel B g o größer als der Zerstreuungswinkel O e B und daher der obere Regenbogen breiter als der untere, dargegen sind die Farben desselben nicht so lebhaft, als die des untern.

Es würde überflüssig seyn, das was oben zur Erklärung der Gestalt, der Größe u. s. w. des unteren Regenbogens ist gesagt worden, hier zu wiederholen, da sich jene Erklärung mit wenigen, sich leicht ergebenden Veränderungen, auch auf den oberen anwenden läßt.

Auch das Mondenlicht kann aus eben den Ursachen einen Regenbogen bewirken; allein die Farben eines solchen sind, wie sich natürlich erwarten läßt, bey weitem nicht so lebhaft als die des Sonnenregenbogens. *)

Einen solchen farbigen Bogen sieht man auch nicht selten in dem Schaume oder in den Wassertropfen, die der Wind von den Spitzen der Wellen des Meeres hinwegführt oder umherstreut, die Farben dieses Bogens aber, sind nicht so lebhaft als die eines gewöhnlichen Regenbogens; die lebhafteste ist eine gelbe, die nächste an der Sonne, und eine grüne zunächst an dem Meere. Diese Bogen, deren man oft sehr viele zu gleicher Zeit

*) Ueber einen merkwürdigen Mondregenbogen sehe man die philosophischen Transactionen Num. 331 nach.

sieht, haben eine der des gewöhnlichen Regenbogens entgegengesetzte Richtung oder Stellung, indem der bogigte Theil desselben nach dem Meere zu, die Schenkel aber aufwärts gerichtet sind.

Auch erscheint ein farbiger Bogen in dem zerstreuten Wasser des Wasserstrahles eines Springbrunnens, eines Waßerfalles u. d. gl. m. wenn der Zuschauer und die Sonne sich in der dazu nöthigen Richtung befinden.

Zuweilen entsteht auch ein farbiger Bogen durch die Brechung der Sonnenstrahlen in den Thautropfen auf dem Grase und zwar so, daß der konkave oder erhabene Theil desselben gegen den Beobachter gerichtet ist.

Kurz, man sieht allemal einen nach Beschaffenheit der Umstände größern oder kleinern, lebhafteren oder schwächeren farbigen Bogen, wenn die Wassertropfen, die Sonne und der Beobachter die dazu erforderliche Richtung und Lage gegen einander haben. Ja man kann ihn sehen, wenn man mit dem Rücken der Sonne zugekehrt, Wasser mit Heftigkeit und auseinander gestreut aus dem Munde bläßt. Die beste Art aber, den Regenbogen nachzumachen ist die, daß man eine gewisse Anzahl kleiner massiver oder auch hohler und mit Wasser angefüllter Glaskugeln auf einem dunkeln Brete befestigt und es dann mit der gehörigen Neigung, die leicht zu finden ist, wenn man den Rücken der Sonne zukehrt und nach dem Brete sieht, der Einwirkung der Sonne aussetzt.*)

---

*) Man vergleiche hieben: Hubes Unterricht in der Naturlehre. B. III. vom eilften bis zum sieben und zwanzigsten Briefe; auch Gehlers physikalisches Wörterbuch unter dem Art. Regenbogen.

Eine andere Art der leuchtenden Erscheinungen, die unter dem Namen der Höfe oder Kronen bekannt ist, kann man auch oft an dem Himmel beobachten. Es sind dies nehmlich die kreisförmigen Streifen von einem blaßen, meistens weissen, zuweilen aber auch bunt gefärbten Lichte, die um die Sonne, den Mond und selbst um einige sehr glänzende Sterne oder Planeten, als um ihren Mittelpunkt, rings umher gehen. Ein solcher Hof ist zuweilen dicht an dem leuchtenden Körper. — „Diejenigen die man um den Sirius und den Jupiter „gesehen hat, hatten nie mehr als 3, 4 oder 5 Grade „im Durchmesser, und eben so beträgt auch der Durch„messer der Mond-Höfe zuweilen nicht mehr als drey „oder fünf Grade. Allein sowohl diese Höfe als auch „diejenigen, welche die Sonne umgeben, haben eine sehr „verschiedene Größe, nehmlich man findet sie von 12°, „bis zu 90°, und auch noch drüber. Auch ändern sich „ihre Durchmeßer zuweilen selbst während man sie beo„bachtet und auch die Breite sowohl der farbigen als „auch der weißen Kreise, ist sehr verschieden — man „findet sie nemlich von 2, 4 oder 7 Graden.

„Die Farben der Höfe sind schwächer oder mat„ter als die Farben des Regenbogens, auch ist die „Ordnung, in der sie auf einander folgen, nach Be„schaffenheit der Größe der Höfe verschieden *).

*) „Bey denen Höfen, die Newton 1692 beobachtete, standen die Farben, von innen aus gerechnet, in der folgenden Ordnung: die innersten Farben waren die blaue, die weiße und rothe; in der Mitte waren purpur, blau, grün, gelb und blaßroth; die äußersten waren blaßblau und blaßroth. Huygens beobachtete die rothe Farbe zunächst an der Sonne und die blaßblaue als die äußerste. Zuweilen sind sie an der innern Seite roth und an der äußeren weiß. Weidler beobachtete einen, der an der inneren Seite gelb und an der äußern weiß war. In Frankreich wurde im Jahr 1683 einer beobachtet, der in der Mitte weiß war,

„Man kann dergleichen Kronen auch dadurch her„vorbringen, daß man bey kalter Witterung ein bren„nendes Licht in Dampf stellt.

Ueber die wahren Ursachen dieser Höfe oder Kronen sind die Meinungen der Physiker getheilt. Allein ob sie der Brechung oder der Zurückwerfung, oder der Beugung des Lichtes, oder diesen Ursachen zusammen genommen, und wenn das ist, in welchem Verhältnisse sie ihnen müßen zugeschrieben werden, ist noch nicht befriedigend erklärt und bestimmt worden. *) Soviel ist indes gewiß, daß sie in solchen Zusammenhäufungen von Dünsten entstehen, die nicht schwer genug sind in der Form von Tropfen nieder zu fallen. **)

Mehrere Schriftsteller gedenken auch der Nebensonnen (Parhelii und der Nebenmonden Paraselenae †).

dann folgte ein rother, auf diesen ein blauer, dann ein grüner und am äußersten Rande ein glänzend rother Streifen. Im Jahre 1728 wurde einer beobachtet, der auswärts blaßroth war, auf welche Farbe die gelbe und auf diese die grüne und endlich auf diese die weiße folgte.“ Man sehe Priestley's Geschichte des Gesichtes, des Lichtes und der Farben, Th. VI. Sekt. XI.

*) Die verschiedenen Meinungen darüber hat Priestley in dem angezogenen Werke gesammelt. Man sehe auch die anonyme Abhandlung: Nachricht von Kronen u. s. w. London 1799. (Auch Gehler und Hube).

**) Deskartes bemerkt, daß man nie Höfe sieht, wenn es regnet. Dioptrik S. 230.

†) Als: Aristoteles, Plinius, Gassendi, De la Hire, Kassini, Deskartes, Newton, Grey, Halley u. a. m. Eine gedrängte Uebersicht ihrer Beobachtungen und Meynungen über die Bildung dieser Phänomene findet man in Priestley's Geschichte des Lichtes, des Gesichtes und der Farben. Th. VI. Sekt. XI. aus welcher oben stehende Stelle genommen ist.

„Die scheinbare Größe der Nebensonnen ist der der wirklichen Sonne gleich, aber sie sind nicht immer rund, auch nicht allemal so glänzend als die wirkliche Sonne, ob man gleich versichern will, daß es zuweilen doch dergleichen gegeben habe. Wenn mehrere derselben zugleich erscheinen, so sind einige nicht so glänzend als die anderen. Aeußerlich sind sie farbig, wie der Regenbogen und manche haben einen langen feurigen Schweif, der gegen die Sonne gerichtet und an seinem Ende blasser ist. Halley beobachtete eine die auf beyden Seiten Schweife hatte und eine dergleichen beobachtete auch Muschenbroek im Jahr 1753, deren Schweife in einer durch beyde Sonnen gezogenen geraden Linie standen. Beyde Sonnen hatten auch farbige Kreise. Weilder sah eine Nebensonne, die einen aufwärts und einen abwärts gehenden Schweif hatte, die ein wenig gekrümmt waren; der äußere Rand von der Sonne ausgerechnet, hatte eine PurpurFarbe und auf der anderen Seite war er mit den Farben des Regenbogens schattirt. Die Schweife der Nebensonnen erscheinen meistens in einem weißen horizontalen Kreise."

„Die Nebensonnen sind gewöhnlich von Kronen begleitet, die zuweilen die Farben des Regenbogens haben, zuweilen aber auch weiß sind. Sie sind in Ansehung der Zahl und der Größe verschieden, haben aber alle einerley Breite, die der Breite des scheinbaren Durchmessers der Sonne gleich ist."

„Durch alle die Nebensonnen geht gewöhnlich ein sehr breiter, mit dem Horizonte paralleler weißer Kreis, der, wenn er ganz wäre, durch den Mittelpunkt der Sonne gehen würde. Zuweilen sind in diesem Kreise Bogen von kleinern konzentrischen Kreisen befindlich, welche jene farbigen, die Sonne umgebenden Kreise berühren. Auch sie sind mit Farben schattirt und enthalten andere Nebensonnen."

Von dem Nordlichte wird in dem zweyten Abschnitte, der von der Elektrizität handelt, mehr gesagt werden; aber hier muß ich doch bemerken, daß man zwar nicht oft, aber doch zuweilen ein blaßes weißes Licht, von größerer oder kleinerer Ausdehnung an dem Himmel bemerkt, dessen Ursache unbekannt ist. Es unterscheidet sich von dem Nordlichte hauptsächlich dadurch, daß es unbeweglich und gleichförmig ist, da das Nordlicht flackernd und veränderlich ist, auch ist es dichter als das Nordlicht, denn es verdunkelt gewöhnlich die Sterne, über die es gehet. Eine merkwürdige Erscheinung dieser Art wurde in der Nacht des sieben und zwanzigsten Märzes des Jahres 1781 in London beobachtet *).

Das Zodiakallicht, oder Thierkreislicht ist eine Art von weißer oder heller Pyramide, in welcher Gestalt man es zuweilen nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang, über dem Horizont wahrnimmt. Seine weiße Farbe ist der der Milchstraße nicht unähnlich. Die Basis desselben ist gegen die Sonne gerichtet und seine Ausdehnung ist in der Ebene des Thierkreises. Kassini scheint es 1683 zuerst bemerkt zu haben. (Er nannte es Thierkreislicht, weil er es einigemal nahe beym Thierkreise am Himmel sah). Unter der heißen Zone sieht man es oft oder fast beständig. Unter oder bey unserer Breite, kann man es zur Zeit der Tag und Nachtgleichen wahrnehmen. Die Breite seiner weissen Farbe ist verschieden und bey dem Horizont geht sie von 8° bis zu 30°. Seine Ausdehnung von der Sonne an bis zu seiner Spitze beträgt gewöhnlich mehr als 45°. Pingre sah es, als er sich in der heißen Zone befand, von 120 Graden.

*) Man sehe darüber den 71 Band der philosophischen Transaktionen unter dem XVI. Artikel.

„Zu unserer Zeit, sagt Lalande, scheint man allgemein angenommen zu haben, daß das Zodiakallicht die Atmosphäre der Sonne sey, weil es dieselbe beständig begleitet und der Aequator der Sonne in der Richtung des Thierkreislichtes ist. Es ist also aller Wahrscheinlichkeit nach eine Atmosphäre, die sich um die Sonne her in der Richtung ihres Aequators verbreitet und durch die kreisförmige Bewegung derselben abgeplattet wird †)."

Man findet in verschiedenen Schriften Nachrichten von eigenen leuchtenden Erscheinungen, die man an besonderen Orten sieht und die ihren Grund offenbar in gewissen eigenthümlichen Lagen von Bergen, Häußern, Flüssen und anderen Gegenständen haben. Keine von allen aber scheint merkwürdiger und in Bezug auf ihre Entstehungsart unerklärlicher zu seyn, als die berühmte Fata Morgana, eine Erscheinung, die man oft nicht weit von Reggio, einer Stadt an der neapolitanischen Küste, Sizilien gegenüber, beobachtet.

„Wenn, — so erzählt Minasi, — wenn die aufgehende Sonne von dem Punkte aus scheinet, von welchem aus ihr einfallender Strahl auf dem Meere von Reggio einen Winkel von ohngefähr 45 Graden macht, und das Wasser in der Bay weder durch den Wind noch durch den Strohm unruhig gemacht wird, so sieht ein an einem erhabenen Orte der Stadt sich befindender, mit dem Gesichte nach der See und mit dem Rücken nach der Sonne stehender Beobachter, in dem Wasser plötzlich, wie auf einem katoptrischen Theater, mannich-

†) S. dessen Astronomie. Paris 1771 §. 845 bis 849.

faltige Gegenstände, als unzählige Reihen von Pfeilern, Bogen, gut dargestellten Schlöffern, regelmäßigen Säulen, hohe Thürme, prächtige Palläste mit Balkonen und Fenstern, große Baumalleen, angenehme Wiesen mit Schaaf und Rinderheerden bedeckt, Armeen von Menschen zu Fuß und zu Pferde und viele andere außerordentliche Bilder mit ihren natürlichen Farben und den ihnen angemessenen Handlungen, schnell der Reihe nach während der kurzen Periode, in welcher die oben erwähnten Ursachen wirken, längs der Oberfläche des Meeres vor sich vorübergehen."

„Kömmt nun dazu etwa noch der Umstand, daß die Atmosphäre stark mit dichten Ausdünstungen, die noch nicht durch den Wind oder die Wellen zerstreut oder von der Sonne verdünnt worden, geschwängert ist, so sieht der Beobachter in diesen Ausdünstungen, wie auf einem längs dem Kanale hin ohngefähr dreyßig Palmen (eine Palme ist der vierte Theil eines englischen Fußes) hohen und beynahe bis zum Meere hinabreichenden ausgespannten Vorhange, die oben beschriebene Bilderreihe nicht nur von der Oberfläche des Meeres zurückgeworfen, sondern auch in der Luft, obgleich die in der Luft nicht so deutlich und gut umschrieben, als die im Meere."

„Und ist endlich die Luft ein wenig nebligt und undurchsichtig und zugleich auch feucht und so beschaffen, daß ein Regenbogen könnte gebildet werden, so zeigen sich jene Gegenstände blos auf der Oberfläche des Meeres, wie in dem ersten Falle, alle aber lebhaft gefärbt und mit rothen, grünen, blauen und anderen prismatischen Farben besäumt *)."

*) Erste Abhandlung über eine Lufterscheinung, die man gewöhnlich Fata Morgana nennt. Von P. Antonio Minasi. Rom 1773.

Diese Erscheinung ist von verschiedenen Schriftstellern mit einiger Verschiedenheit in Ansehung der Umstände erzählt und auch verschieden erklärt worden. So viel scheint aus dem Ganzen hervorzugehen, daß die Erscheinungen von Häußern, Bäumen u. s. w. blos zurückgeworfene Bilder von den Gegenständen der Stadt Reggio und der Küste sind. Sie scheinen von der Oberfläche des Meeres und von der Oberfläche der, in der Luft nahe an der See befindlichen, dichten Dünste oder Wolken zurückgeworfen zu werden, so daß sie nach Maaßgabe der verschiedenen Gestalten und der Anzahl der zurückwerfenden Oberflächen, verbielfältiget, vergrößert, verkehrt, verlängert oder auf andere Art verzerrt werden. Die genaue Erklärung dieser Erscheinung bleibt noch den künftigen Forschungen scharfsinniger Beobachter vorbehalten †).

Ich schließe nun dieses Kapitel mit einer kurzen Nachricht von phosphorescirenden Körpern, *) zu denen ich auch die Irrlichter zähle.

Die Benennung Phosphor ist in neueren Zeiten einem besonderen einfachen Grundstoffe beygelegt worden, dessen ich bereits in dem ersten Theile dieses Handbuchs der Experimental-Naturlehre erwähnt habe. Im weitläuftigeren Sinne aber genommen, versteht man unter dieser Benennung jede Substanz, die im Dunkeln leuchtet, ohne doch eine fühlbare Wärme zu erzeugen.

†) Man sehe auch Gilberts Annal. der Physik B. XI. S. 65 und 456 XII. 1 ff.

*) Sie werden auch Lichtsauger und Lichtmagnete genannt. A. d. Ueb.

Man kann die phosphorescirenden oder leuchtenden Körper in fünf Arten eintheilen; sie sind folgende:

I.

Lebendige Thiere, welche die Eigenschaft haben, im Dunkeln zu glänzen oder zu leuchten, dergleichen die so genannten Johanniswürmer, die Laternenträger u. s. w. sind; es scheint verschiedene Gattungen derselben zu geben, von dem Mechanismus aber, der das Licht bey ihnen hervorbringt, ist nichts Zuverlässiges bekannt. In England geben einige derselben, selbst in ihrem besten Zustande, blos so viel Licht, daß man dabey erkennen kann, auf welcher Stunde der Zeiger einer Uhr, die ein helles Zifferblatt hat, steht. Unter wärmeren Himmelsstrichen aber ist ihr Licht viel stärker. Wenn sie todt sind, hören sie gewöhnlich auf zu leuchten, so lange sie aber leben, können sie nach Gefallen glänzen oder nicht.

II.

Körper, welche Licht einschlucken und es dann im Dunkeln frey lassen.

Es giebt sehr viele Substanzen, welche die Eigenschaft besitzen, eine gewisse Zeit lang im Dunkeln zu leuchten, wenn sie vorher dem Lichte ausgesetzt worden, indessen leuchten sie nicht alle gleich stark und nicht gleich lang. Verschiedene Edelsteine und kalkigte Körper haben, die letzteren besonders nach dem Kalciniren, ebenfalls diese Eigenschaft, und auch das Papier und fast alle vegetabilische und thierische Substanzen, wenn sie sehr trocken sind, oder nachdem man Salpetersäure darüber abgezogen hat. Metallische Substanzen aber und Wasser besitzen sie nicht, wohl aber gefrornes Wasser

oder Eis und besonders Schnee in einem beträchtlichen Grade *).

Eben dies ist besonders der Fall mit dem bononischen Steine, wenn er gehörig präparirt worden. Man findet diese Steine hauptsächlich in der Gegend von Bologna. Dieser Stein ist ein grauer Schwerspath, der zu dem Geschlechte der Baryte gehört, und eigentlich Baraselenit und wegen seiner Schwere metallischer Marmor (marmor metallicum) genannt wird.

Wenn dieser Stein, nachdem er gehörig zwischen Kohlen ausgeglühet worden ist, dem Tageslichte ausgesetzt und dann in ein dunkles Zimmer gebracht wird, so wird er mit einem dunkelrothen Lichte scheinen, oder wie glühende Kohlen aussehen. Dieses Leuchten dauert wenige Minuten, dann nimmt es nach und nach ab und hört endlich ganz auf. Setzt man darauf den Stein abermals einige Sekunden lang dem Tageslichte aus, so erneuert sich seine Eigenschaft zu leuchten und dies kann man so oft wiederhohlen als man Lust hat. Er wird auch dann leuchtend, wenn man ihn einem brennenden Lichte ausgesetzt hat.

Der Rückstand der Destillation von Kalk und salpetrigter Säure hat ebenfalls diese Eigenschaft zu leuchten, nur nicht in einem so hohen Grade wie der bononische Stein. Man nennt diesen Rückstand, nach seinem Erfinder: den balduinischen Phosphor.

Es haben auch noch verschiedene andere Zubereitungen oder Präparata die Eigenschaft Licht einzuschlucken

*) Man sehe Bekkari's Versuche in den Commentariis Bononiens. Vol. V. Pag. 106.

und dasselbe im Dunkeln wieder frey zu lassen, indessen besitzt sie doch keine in so vorzüglichem Grade, als der kürzlich von Canton erfundene Phosphor, der auf folgende Art bereitet wird:

„Man brennt gemeine Austerschaalen," (wenn sie alt und schon halb durch die Zeit verwittert sind, wie man sie an dem Meerufer findet, sind sie desto besser dazu,) „in einem starken Kohlfeuer eine halbe Stunde lang zu Kalk, von dem dann der reinste Theil gepülvert und durchgesiebt wird. Mit drey Theilen von diesem Pulver vermischt man einen Theil Schwefelblumen und stampft diese Mischung in einem Schmelztiegel, der ohngefähr anderthalb Zoll tief ist, fest, indem man so lange immer einen neuen Zusatz davon macht, bis der Tiegel fast ganz damit angefüllt ist. Dann wird dieser in die Mitte des Feuers gesetzt und wenigstens eine Stunde lang rothglühend erhalten, worauf er herausgenommen und zum Abkühlen bey Seite gesetzt wird. Wenn die Masse kalt ist, nimmt man sie aus dem Schmelztiegel heraus und schneidet oder bricht sie in Stücken, von denen man die glänzendsten Theile abschabt, die, wenn der Phosphor gut ist, ein weißes Pulver geben müssen, das man dann in einer trocknen Glasphiole mit eingeschliffenem Stöpsel aufbewahrt *)."

Bleibt dieser Phosphor immer im Dunkeln, so leuchtet er nicht; wird er aber dem Tageslichte, oder einem anderen starkleuchtenden Körper ausgesetzt und dann an einen dunkeln Ort gebracht, so leuchtet er ziemlich lange, das heißt: einige Minuten. Sein Licht ist weiß und hat eine blaue oder grüne Schattirung.

*) Philosophische Transaktionen: B. 58. S. 337.

Wenn ein wenig von diesem Phosphor außen vor einem Fenster einige Minuten lang dem gewöhnlichen Tageslichte ausgesetzt und unmittelbar darauf in ein dunkles Gemach gebracht wird, so leuchtet er, wenn das Auge des Beobachters vorher zwey bis drey Minuten im Dunkeln oder geschlossen gewesen, so stark, daß man die Stunde an der Uhr bey seinem Lichte erkennen kann.

Man hat hiebey die Frage aufgeworfen: ob Phosphorusarten dadurch leuchten, daß sie das zuvor eingesaugte Licht wiedergeben oder frey lassen, oder dadurch, daß sie ihr eigenes Licht ausströhmen, das durch das fremde Licht erst gleichsam angezündet worden? Obgleich die erstere Meynung bey weitem die wahrscheinlichste ist, so ist doch die Frage noch nicht ganz befriedigend entschieden.

Um über diesen Punkt mehr Aufschluß zu bekommen, haben mehrere scharfsinnige Männer den Versuch gemacht, diese Phosphorusarten (oder Lichtsauger) durch farbiges Licht, zum Beyspiele, durch rothes, grünes, blaues oder gelbes zu erleuchten, allein ihre Resultate sind nicht übereinstimmend. Algarotti erleuchtete den bononischen Phosphor durch mehrere Arten des farbigen Lichtes vermittelst eines Prisma, allein er wurde überhaupt nur schwach dadurch erleuchtet und von einem Unterschiede der Farben, war durchaus nichts dabey zu bemerken *).

Bekkari in Turin beobachtete, daß Stücken von künstlichem Phosphor, der viel stärker war als der bononische, wenn sie in Röhren eingeschlossen wurden, in welche man das Licht durch Stücken von farbigem Glas

*) Academ. Par. 1730.

fallen ließ, die empfangene einzelne Farbe auch nur wieder gaben. Nachfolgende Beobachter aber haben diese Wirkung geläugnet.

Könnte diese Frage mit Gewißheit dahin entschieden werden, daß diese Phosphore blos empfangenes Licht wiedergeben, so könnte daraus ein Beweis für den Satz hergenommen werden: daß das Licht wirklich materiell und ein Stoff sey, der von dem leuchtenden Körper ausgeströhmt wird, und nicht blos eine Modifikation einer allgemein verbreiteten Flüssigkeit. Was aber unabhängig von dieser Frage, hauptsächlich die Materialität des Lichtes zu beweisen scheint, ist die Veränderung, die das Licht allein bey verschiedenen Körpern, dergleichen Pflanzen, Silberauflösungen u. dgl. m. sind, hervorbringt *).

III.

Zur dritten Art der phosphorescirenden Körper gehören diejenigen, die leuchten, wenn sie sind erwärmet worden.

Die beste Methode, Körper zu diesem Zwecke in einem dunklen Zimmer zu erhitzen, ist: „Den Körper zu einem ziemlich feinen Pulver zu zerreiben und dieses dann in kurzen Zwischenräumen auf eine dicke eiserne Platte, oder auf eine von einer Mischung von Sand und Thon gemachten gebrannten Platte, welche vorher bis zum sichtbaren Rothglühen erhitzt und an einen dunkeln Ort gebracht worden, zu sprengen †)."

*) Man sehe des Grafen Rumford Abhandlung in den philos. Transaktionen für 1798 Art. XX.

†) Man sehe Wedgwoods Abhandlung in den philosoph. Transact. für 1792. Art. III. (befindlich in Grens Journal der Physik B. VII. S. 54 B. VIII. S. 97).

Eine große Menge von Substanzen, leuchten wenn sie auf diese Art behandelt werden, zum Beyspiele: die Flußspatharten, verschiedene Marmorarten, der Diamant und andere Edelsteine, Kalkerde, metallische Substanzen, Oele, Wachs, Butter, Papier und verschiedene andere thierische und vegetabilische Substanzen.

„Die Dauer des auf diese Art von verschiedenen Körpern hervorgebrachten Lichtes, sagt Wedgwood, ist sehr kurz; einige geben nur ein momentanes oder augenblickliches Licht; das von andern dauert einige Minuten und kann dadurch verlängert werden, daß man das Pulver auf der heißen Platte wieder aufrührt. Es erreicht aber bald den höchsten Grad des Leuchtens und verlöscht dann allmählig. Es zeigt sich nie blitzartig wie das von zusammengeschlagenen Quarzkieseln hervorgebrachte Licht. Wenn man es anbläßt, verlöscht es plötzlich, erscheint aber unmittelbar wieder, so bald das Blasen aufhört.*)

Das Licht der Phosphorarten der ersten drey Classen wird ihnen durch die Hitze noch wirksamer entzogen und ist die vorher eingesogene Lichtquantität einmal wieder entwichen, so scheinen sie nicht mehr, wenn sie nicht dem Lichte von neuem ausgesetzt werden, da die Phosphorarten der dritten Classe Licht und Hitze geben, ohne daß sie erst wieder vorher dem äußern Lichte müßten ausgesetzt werden. Ich muß jedoch hiebey bemerken, daß verschiedene Körper zu beyden Classen der Phosphorarten gehören.

*) Eben daselbst. (Auch vergleiche man damit: Gehlers physikalisches Wörterbuch, 5ter Theil, oder Supplementband, unter dem Artikel: Phosphor.

IV.

Zur vierten Art der Phosphore gehören diejenigen Substanzen, die durch Reiben oder Aneinanderschlagen entweder ein ganz weißes, oder ein mehr oder weniger ins Rothe oder Blaue spielendes Licht geben. Das Licht verbreitet sich weiter, als über die sich unmittelbar berührenden Theile und zuweilen geht es über den ganzen Körper.

Die meisten Kieselarten, zum Beyspiele: Quarz, Feuersteine, Agate u. s. w. haben diese Eigenschaft; auch hat sie das Glas, das Porzellan, starkgebrannte irdene Waaren u. s. w.

Dieses Licht ist oft mit einem schwachen aber ganz eigenen Geruch verbunden. Einige von diesen Körpern geben während des Reibens dann und wann röthliche lebhafte Lichtfunken von sich, die während eines Falles von einem, zwey und selbst drey Zollen durch die Luft, fortleuchten.

V.

Die Phosphoren der fünften und letzten Art sind diejenigen, die leuchten, während sie sich in dem Zustande einer offenbaren Zersetzung befinden.

Zu dieser Art gehören fast die meisten thierischen Stoffe und einige Substanzen aus dem Pflanzenreiche und unter diesen besonders faules Holz. Bey einigen scheint das Leuchten eine Wirkung der Entwickelung oder Entbindung des eigentlichen Phosphors zu seyn, indes wieder bey andern ein bloßes Leuchten hervorgebracht zu werden scheint. Aus dem Ganzen überhaupt ergiebt sich,

daß Licht mit verschiedenen Körpern und besonders mit thierischen und vegetabilischen Substanzen, sich verbindet und einen ihrer Bestandtheile bildet, und daß es auch wieder, wenn diese Substanzen in einen Zustand der Zersetzung kommen, von den übrigen Bestandtheilen derselben geschieden wird u. s. w. Es scheint auch, als ob das Licht entweder sehr langsam sich von ihnen trenne, in welchem Fall es nicht bemerkt wird; oder auch sehr schnell, da es denn sichtbar wird. Bey einigen Körpern ist es das erste Produkt der Zersetzung und früher als sich andere Spuren der Fäulnis zeigen; bey andern erscheint es in verschiedenen Perioden.

Von allen Thieren scheint das Geschlecht der Fische das meiste Licht zu geben und zwar geben sie die große Quantität davon vor dem Eintritte der Fäulnis. Diese Eigenschaft der Fische ist fast allgemein bekannt, die neuesten und unterhaltendsten Versuche über dieses Thiergeschlecht und besonders den Häring und die Makrele sind von Doctor Hulme angestellt und in den philosophischen Transactionen für das Jahr 1800 im IX Artickel beschrieben worden, aus welcher Beschreibung auch das Folgende genommen ist.

Häringe und Makrelen (und wahrscheinlich die meisten andern Fischarten) fangen den zweyten Tag nach ihrem Herausnehmen aus dem Wasser an zu leuchten. So lange sie vollkommen gut und frisch sind, nimmt das Licht immer mehr zu, fängt aber an schwächer zu werden, wenn sie anfangen in Fäulnis überzugehen und nimmt in eben dem Verhältnisse immer mehr ab, in welchem die Fäulnis zunimmt.

Nicht blos die äußere Oberfläche des Körpers leuchtet, sondern das Licht scheint mit ihrer ganzen Sub-

stanz verbunden zu seyn und einen Theil derselben auszumachen und zwar in eben der Maaße, wie jeder andere Bestandtheil derselben, denn wenn sie in Stücken zerlegt werden, so wird die ganze Oberfläche eines jeden der einzelnen Stücken, wenn man sie an einem dunklen und kühlen Platze aufbewahrt, leuchtend. Besonders thut dies die Milch des Härings und der Makrele, welche ohngefähr in der dritten oder vierten Nacht, welches gewöhnlich die Periode ihres hellesten Lichtes ist, wie ein vollkommner Lichtkörper erscheint.

Es scheint daher, daß die Zersetzung der Fische sehr bald anfängt; das Licht aber ist der erste Stoff, welcher entweicht und erscheint lange vorher, ehe sich noch eine Spur von Fäulnis zeiget.

Mit diesem Lichte ist auch nicht der kleinste, durch das Thermometer bestimmbare Grad von Wärme verbunden.

Dieser leuchtende Stoff, oder die dickliche Flüssigkeit, der das Licht einverleibt ist, kann mit einem Messer von der Oberfläche der Fische abgeschabt und in einer Flasche aufbewahrt werden, wo es nach Beschaffenheit der Umstände noch einen oder zwey Tage länger leuchtet. Es giebt aber auch einige Substanzen, die, wenn sie in einer gewissen Proportion mit diesem leuchtenden Stoffe vermischt werden, das Licht verlöschen, und es ist höchst merkwürdig, daß die nemlichen Substanzen, wenn sie nach einer anderen Proportion damit vermischt werden, das Leuchten verstärken und verlängern.

„Die Substanzen, welche es vernichten, sind: reines Wasser; Wasser mit ungelöschtem Kalke geschwängert; Wasser mit kohlenstoffsaurem Gas geschwängert;

Wasser mit hepatischem Gas geschwängert; gegohrne Liquoren; brennbarer Geist, mineralische Säuren, sowohl konzentrirte als verdünnte; Pflanzensäuren; feuerbeständige und flüchtige Alkalien, nachdem sie in Wasser aufgelößt worden; Neutralsalze; zum Beyspiele: gesättigte Auflösungen von Epsomsalz, von gemeinem Salz, und von Salmiak; Aufgüsse von Kamillenblumen, von langem Pfeffer und von Kampfer, die mit kochend heißem Wasser gemacht worden, aber nicht eher als nach dem Erkalten gebraucht werden; reiner Honig, wenn er allein angewendet wird."

Dargegen kann man durch eine sehr mäßige Solution von einigen der erwähnten Substanzen, da man, zum Beyspiele, ein Drachma Epsomsalz, oder Glaubersalz, oder Rochellersalz, oder gephosphorten Mineralalkali, oder Salpeter, oder gemeines Salz, oder Honig, oder Zucker in einer Unze Wasser auflöset, und es mit dem leuchtenden Stoffe der Fische vermischet, bewirken, daß er stärker und länger leuchtet.

„Zwey Unzen Meerwasser, die mit dem Lichte der „Makrele vermischt wurden, bekamen, als beides durch„einander gerührt worden, bald eine glänzende Erleuch„tung, und das Meerwasser leuchtete mehrere Tage."

Einige der obigen Solutionen werden dadurch stärker leuchtend, daß man sie nach der Vermischung mit dem leuchtenden Stoffe einige Zeit ruhig stehen läßt und dann einem mäßigen Grade der Wärme aussetzt. Werden sie aber stärker, nemlich ohngefähr bis zu dem Grade des kochenden Wassers erhitzt, so wird dadurch ihre Fähigkeit zu leuchten gänzlich und auf immer vernichtet.

Die Kälte macht, daß das Licht eine Zeitlang verschwindet; es kehrt jedoch in seinem vollen Glanze zu-

rück, sobald man die Mischung einem mäßigen Grade der Wärme aussetzt.

Wenn man diese Mischungen in Bewegung setzt, indem man die Flasche, in der sie enthalten sind, rüttelt oder harte Körper durch dieselben zieht, so werden sie dadurch stärker leuchtend. Dieser Umstand erklärt die Ursache des Leuchtens des Meerwassers zur Nachtzeit, wenn es von dem Winde in Bewegung gesetzt, oder von den Rudern geschlagen wird, u. s. w. völlig befriedigend.

Durch die Beymischung irgend einer der genannten gesättigten Auflösungen wird das Licht jenes Stoffes nicht völlig zerstört, sondern man kann ihm seinen vorigen Glanz dadurch wieder geben, daß man die Auflösung verdünnt. Ist zum Beyspiele das Licht durch die Beymischung einer gesättigten Salzauflösung verschwunden, so darf man zu der Mischung nur mehr Wasser gießen, daß die Proportion des Salzes vermindert wird, so wird das Licht wieder erscheinen, und setzt man hingegen der letzteren Mischung mehr Salz zu, so verschwindet es wieder und so fort.

„Als, sagt Doctor Hulme, etwas von dem leuchtenden Stoffe einer Makrele in eine Auflösung von sieben Drachmen Epsomsalz in einer Unze Wasser gemischt wurde, verschwand das Licht desselben augenblicklich. Eben diese Wirkung erfolgte, obgleich in einem geringeren Grade, als man sich einer Auflösung von sechs und von fünf Drachmen bediente. Bey einer Auflösung von zwey Drachmen in der nemlichen Quantität Wasser, war die Flüssigkeit leuchtend, sie leuchtete aber viel stärker, wenn nur ein Drachma Salz hinzukam. Da ich beobachtete, daß stärker gesättigte Auflösungen

das Licht vernichteten, schwächere aber leuchteten, so suchte ich zu entdecken, was im ersteren Falle aus dem verschwundenen Lichte würde und ob es nicht dadurch wieder hergestellt werden könnte, daß man die Auflösung verdünnte? Ich nahm zu dem Ende eine Auflösung von sieben Drachmen Salz in einer Unze Wasser, in welcher der leuchtende Stoff einer Makrele war verlöscht worden, und verdünnte sie mit sechs Unzen kalten Brunnenwassers, worauf zu meinem großen Erstaunen das Licht augenblicklich hervorbrach und die ganze Flüssigkeit schön erleuchtet wurde, dieses erneuerte Licht dauerte acht und vierzig Stunden, also so lang als gewöhnlich anderes Licht, das nicht unterdrückt worden ist, dauert. Es hatte also durch die Unterdrückung nichts von seiner leuchtenden Kraft verlohren."

Man hat auch beobachtet, daß zuweilen auch das Fleisch von Säugethieren leuchtet *). Auch hat man ein dergleichen Licht zuweilen auf Kirchhöfen gesehen, welches eben der Ursache, nemlich der Zersetzung des thierischen Stoffs muß zugeschrieben werden.

Vegetabilische Substanzen, die sich in dem Zustande der Zersetzung befinden und besonders faules Holz, leuchten auch zuweilen im Dunkeln: unter allen leuchtenden Erscheinungen aber, die ihren Ursprung in einer Zersetzung thierischer und vegetabilischer Stoffe zu haben scheinen, ist keine so berüchtigt und doch zugleich auch so wenig befriedigend erklärt, ob die der sogenannten Irrlichter oder Irrwische, welche die Unwissenheit und Furchtsamkeit so oft schon in Angst gesetzt haben.

*) Man sehe Bartholin de Luce animalium S. 183. Boyles Werke B. III S. 304 Phil. Transact. B. XI. S. 599.

Einige Naturkundiger haben geglaubt, daß die Irrlichter durch leuchtende Insekten hervorgebracht würden. Newton nennte die Erscheinung einen leuchtenden Dunst ohne Wärme, und dies scheint die wahrscheinlichste Meinung zu seyn, besonders, wenn man als den Grund derselben die Zersetzung thierischer und vegetabilischer Substanzen annimmt.

Ohne den Leser mit Conjekturen darüber aufzuhalten, will ich lieber zwey der glaubwürdigsten Nachrichten von Erscheinungen dieser Art, die ich aufgezeichnet gefunden habe, hier noch beyfügen.

Doktor Derham nemlich erzählt, als er einst in einer dunkeln und ruhigen Nacht in einer sumpfigen, zwischen zwey steinigten Hügeln gelegenen Vertiefung ein Irrlicht bemerkt, habe er sich demselben allmählig bis auf zwey oder drey Ellen genähert und sey dadurch in den Stand gesetzt worden, dasselbe sehr gut zu beobachten. Es hüpfte um eine faulende Distel herum, bis es durch eine schwache Bewegung der Luft, die wie er glaubte, durch seine Annäherung verursacht worden, nach einer anderen Stelle getrieben wurde; wenn er sich ihm näherte, so floh es vor ihm. Er war ihm so nahe, daß wenn es das Licht eines Johanniswurms gewesen wäre, er die verschiedenen Lichtarten aus den dieses besteht, hätte müssen unterscheiden können: es blieb aber immer ein gleichförmiger Lichtkörper. Er konnte es also für nichts anders als für einen leuchtenden Dunst halten *).

Beccari hat ausdrückliche Untersuchungen über das Irrlicht angestellt. Er fand, daß zwey dergleichen,

*) Pristley's Geschichte des Gesichts, des Lichts und der Farben, S. 580.

die in den Ebenen von Bologna, von denen die eine der Stadt gegen Norden, die andere aber ihr gegen Osten liegt, gesehen wurden, fast in jeder dunklen Nacht erschienen, besonders das in der Ebene gegen Osten, und daß das Licht, das sie von sich gaben, dem eines brennenden Reißigbüschels gleich war. Das in der östlichen Ebene erschien einst einem seiner Bekannten der durch dieselbe reiste und begleitete ihn über eine Meile weit, indem es beständig vor ihm her gieng und die Straße stärker beleuchtete, als die vor ihm hergetragene Fackel. Beccari sagt, daß alle diese leuchtenden Erscheinungen so viel Licht um sich her verbreiten, daß man dabey alle nahe Gegenstände sehen könne, und daß sie immer in Bewegung seyen, die aber veränderlich und unbestimmt sey. Zuweilen lodern sie auf und zuweilen werden sie wieder niedriger, gewöhnlich aber schwebten sie ohngefähr sechs Fuß über den Boden. Oft verschwanden sie plötzlich an der einen Stelle, um augenblicklich wieder an einer anderen zu erscheinen. In Ansehung der Größe und der Gestalt blieben sie sich nicht gleich, indem sie sich zuweilen ziemlich weit ausbreiteten und sich dann wieder zusammenzogen; zuweilen wogten sie wie Wellen, und zuweilen fielen sie wie Tropfen, daß es schien als wären es Feuerfunken. Man versicherte ihn, daß sie in jeder dunkeln Nacht das ganze Jahr hindurch erschienen, und daß man sie noch häufiger bemerke, wenn die Erde mit Schnee bedeckt sey, als in dem heißesten Sommer. Schnee und Regen hindern sie nicht zu erscheinen, sondern man finde vielmehr daß sie zur Regenzeit und bey feuchter Witterung viel häufiger erschienen und stärker leuchteten als bey trockner Witterung. Der Wind scheine keinen Einfluß darauf zu haben *).

*) Priestley's Gesch. des Gesichts und der Farben etc. u. in den philos. Transact. B. 36 S. 204.

Nachstehende Schriften kann man mit Recht empfehlen.

Abhandlung, theoretisch = praktische, über die Geburtshülfe und Krankheiten der Schwangern, Kindbetterinnen und neugebohrnen Kinder. Aus dem Franz. übersetzt. Mit Anmerkungen und einer Vorrede begleitet vom Hrn. Hofr. J. Ch. Stark. 2 Thle. gr. 8. 3 rthlr. 16 gr.

Anti = Reich vom Fieber und dessen Behandlung überhaupt. 5 gr.

Bernhardi's, Dr. J. F., Handbuch der Botanik, 1ten Theiles 1ter Band. Mit Kupf. gr. 8. 1 rthlr. 16 gr.

Beschreibung, ausführliche anatomische, des menschlichen Körpers. Zum Gebrauch beym Selbststudium der Anatomie für Aerzte und Wundärzte. 2 Thle. (Knochen = und Muskellehre. Mit Kupf. 8. 3 rthlr.

Braun, Dr. J. A., über den Werth und die Wichtigkeit der weiblichen Brüste für das Wohl der Menschheit und die Sorge für die Erhaltung derselben. 2 Bde mit Kupfer. 8. 3 rthlr.

Cavallo's, Tiberius, ausführliches Handbuch der Experimental-Naturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen. Aus dem Englischen, mit Anmerkungen von D. Joh. Bartholomä Trommsdorf. 2 Bde. mit 17 Kupfertafeln. Erfurt in der Hennings'schen Buchhandlung 1804. 4 rthlr. 12 gr.

Heckers, A. F., Die Kunst die Krankheiten der Menschen zu heilen, n. d. neuesten Verbesserungen in dem Gebiete der Arzneiwissenschaft. gr. 8. 2 Thle. 6 rthlr. 16 gr.

Dessen deutliche Anweisung, die verschiedenen Arten des Trippers genau zu erkennen und richtig zu behandeln. Zur Empfehlung einer neuen Kurart des gemeinen Trippers, für angehende Aerzte, Wundärzte und in der Arzneiwissenschaft nicht ganz Unkundige. 8. 22 gr.

Dessen, die Heilkunst auf ihren Wegen zur Gewißheit, oder die Theorien, Systeme und Heilmethoden der Aerzte seit Hippokrates bis auf unsere Zeiten. gr. 8. 1 rthlr.

Dessen, die Pocken sind ausgerottet. Ein Handbuch für Aerzte und Nichtärzte, die die Geschichte der Kuhpocken in ihrem ganzen Umfange kennen lernen und die Impfung der Schutzblattern, die größte Entdeckung des achtzehnten Jahrhunderts zweckmäßig anwenden und befördern wollen. 2 Hefte. 8. 1 rthlr. 9 gr.

Henry, Dr. W., Chemie für Dilettanten oder Anleitung die wichtigsten chemischen Versuche ohne große Kosten und ohne weitläuftige Apparate anzustellen. Nebst einer Anleitung zur Untersuchung der Mineralwässer, der Mineralien, der Gifte, der pharmaceutisch = chemischen Präparate und den Gebrauch chemischer Prüfungsmittel zum Nutzen der Pächter und Landbesitzer, so wie zu verschiedenen nützlichen Zwecken. Aus dem Englischen nach der zweiten Originalausgabe übersetzt und mit Anmerkungen versehen, von Dr. J. B. Trommsdorf. S. 1 rthr.

Hirschfelds. Dr. F. Bemerkungen über die Krankheiten des Zahnfleisches mit und ohne Entzündung, für Aerzte. gr. 8. 10 gr.

Juch. D. C. W., Ideen zu einer Zoochemie systematisch dargestellt; mit Zusätzen und einer Vorrede versehen von Dr. J. B. Trommsdorf. 1ster Theil, (welcher eine Betrachtung der inponderabeln Materien enthält.) gr. 8. 1 rthlr.

Lenz, J. G., Mineralogisches Taschenbuch für Anfänger und Liebhaber. 2 Bändchen 12. gebunden netto. 1 rthlr. 12 gr.

Meyer, G., die Kunst ohne alle Anleitung regelmäßig reiten zu lernen und seine Pferde selbst zu heilen. Ein nothwendiges Hülfsbuch für Liebhaber der Pferde, für Oekonomen, Offiziere und Reisende. Mit Kupfern. 8. 16 gr.

Nolde, Dr. A. F., Beobachtungen über die Kuhpocken nebst einigen Bemerkungen 8. 16 gr.

Dessen unmaßgebliche Vorschläge zur Verbesserung des Medizinalwesens in Baiern. In einem Sendschreiben an Hrn. Dr. Hagenmeyer in München 8. 15 gr.

Trommsdorfs, Dr. J. B., prakt. Arzneibuch für Aerzte, Wundärzte und Apotheker. Aus dem Franz. des Bürgers D. J. B. Van Mons, mit vielen Anmerkungen und Zusätzen vermehrt. 2te mit einem doppelten Register versehene Ausgabe 8. 1 rthlr. 4 gr.

Dessen Apothekerschule, oder Versuch einer tabell. Darstellung der gesammten Pharmacie, zum Gebrauch beim Unterricht und zur Vorbereitung für diejenigen, welche sich einem Examen unterwerfen wollen. Mit 1 Kpf. gr. fol. 1 rthlr.

Dessen, Nomenclaturtafel nach der neuern preuß. Pharmakopoe, zur leichtern Verwandlung der ältern Namen in die neuern, und umgekehrt. Für die Apotheker und Aerzte der sämtlichen preußischen Staaten. gr. fol. 6 gr.

Dessen, allgemeine chemische Bibliothek des 19ten Jahrhunderts. 8 Stücke. mit Portr. 8. 6 rthlr. 4 gr.

Dessen, die Chemie im Felde der Erfahrung. 7 Bde. 8. 14 rthr. 4 gr.

Dessen, Darstellung der Säuren, Alkalien, Erden und Metalle, ihrer Verbindung zu Salzen und ihrer Wahlverwandtschaften, in 12 Taf. fol. 1 rthlr. 8 gr.

Dessen, Gartenbuch für Aerzte und Apotheker. Zum Nutzen u. Vergnügen. Mit 1 Kupf. 8. 1 rthlr.

Dessen, chemisches Probierkabinet, oder Nachricht von dem Gebrauche und den Eigenschaften der Reagentien. 8. 6 gr.

Dessen, allgemein verständliche Anleitung zu einer einfachen und leichten Art Salpeter zu bereiten, ohne besondere Apparate und mit den gewöhnlichen Hausgeräthschaften. Für den Bürger und Landmann. 8. 8 gr.

Dessen, Handbuch der parmaceutischen Waarenkunde, zum Gebrauch für Aerzte, Apotheker u. Droguisten. 8. 4 rthlr.

Dessen, Taschenbuch für Aerzte, Chemiker u. Pharmaceutiker, auf das Jahr 1803 4 u. 5. Mit Kupfern. gr 12. 3 rthlr. 4 gr.

Trotter, Th. medicina nautica, ein Versuch über die Krankheiten der Seeleute. Aus dem Engl. übersetzt von D. E. Werner und mit einer Vorrede v. Hrn. Hofrath Dr. Hufeland 2 Bde. 8. 1 rthlr. 8 gr.

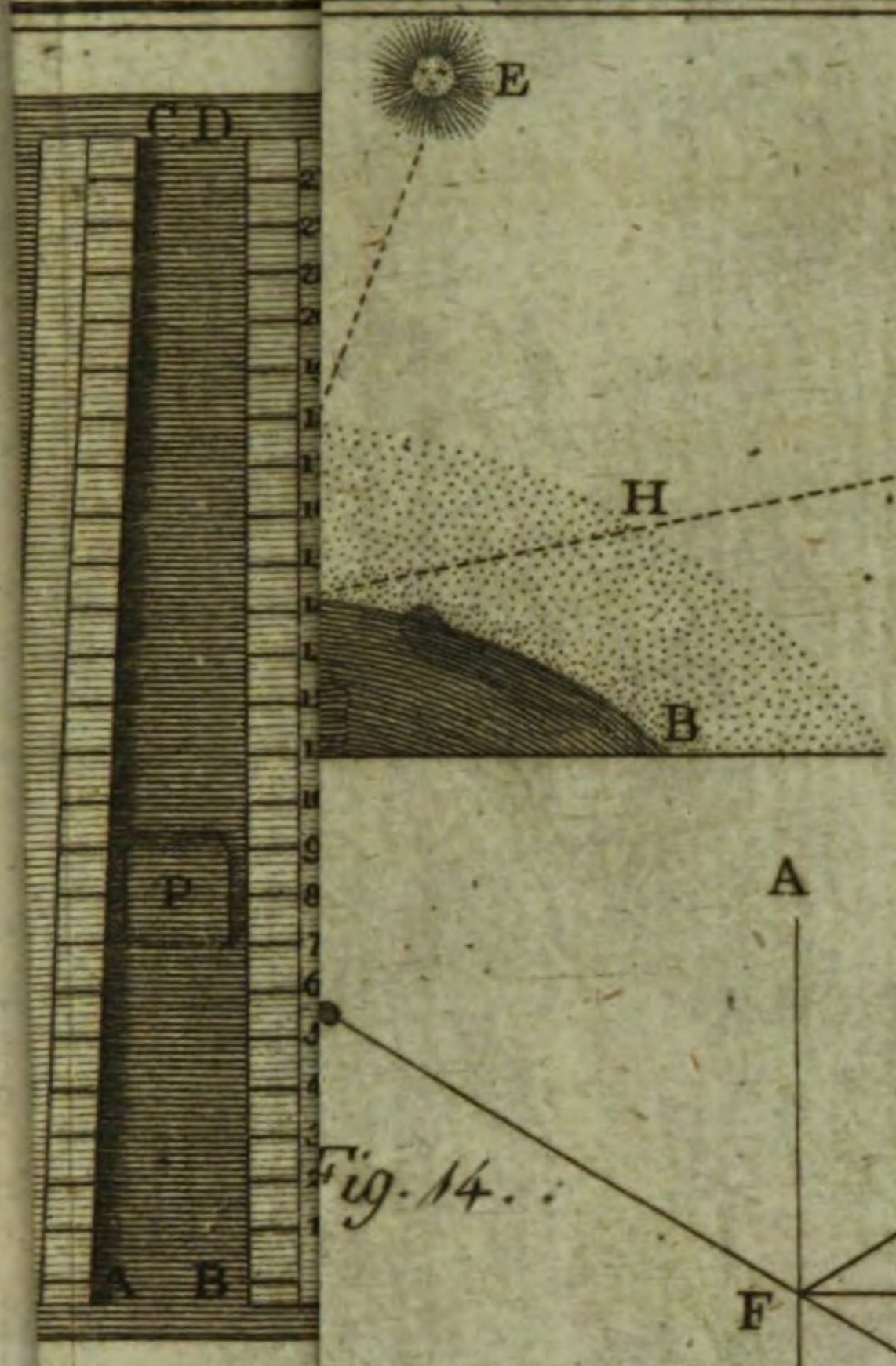


Fig. 12.

Fig. 13.

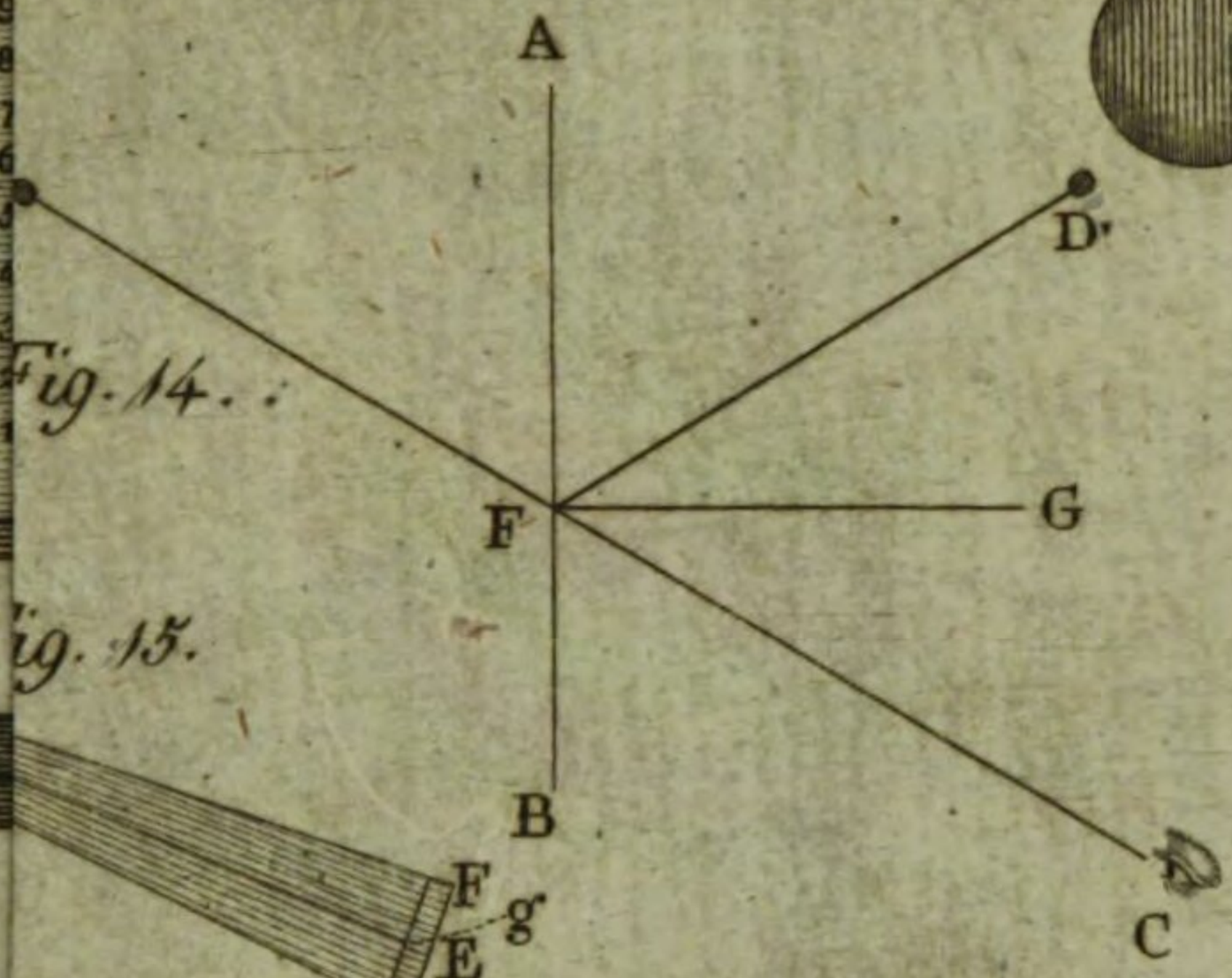


Fig. 14.

Fig. 15.

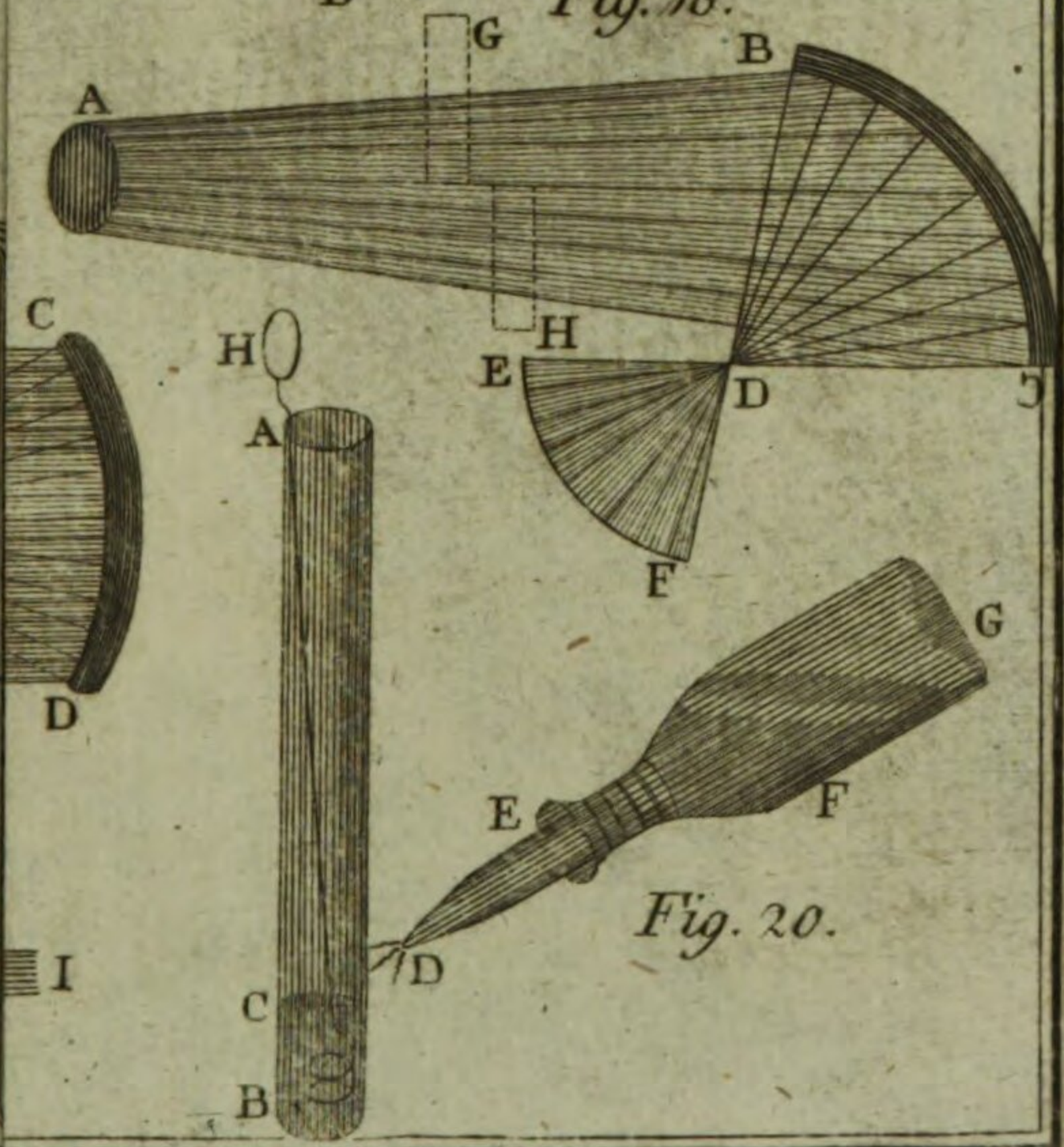


Fig. 16.

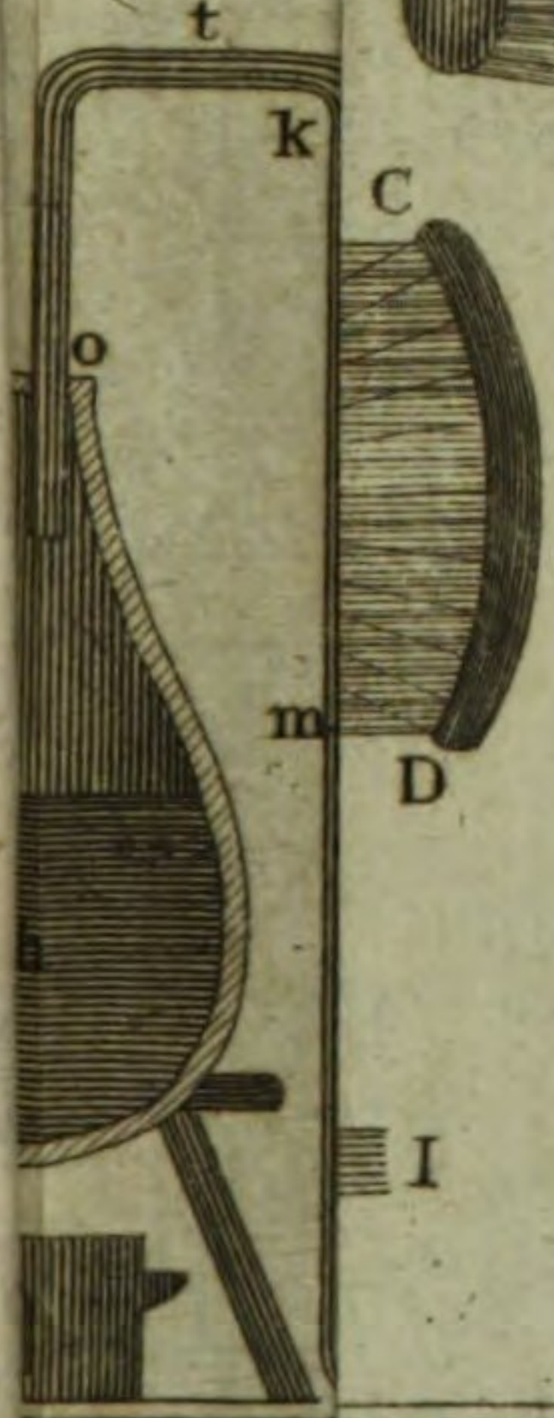


Fig. 17.

Fig. 20.

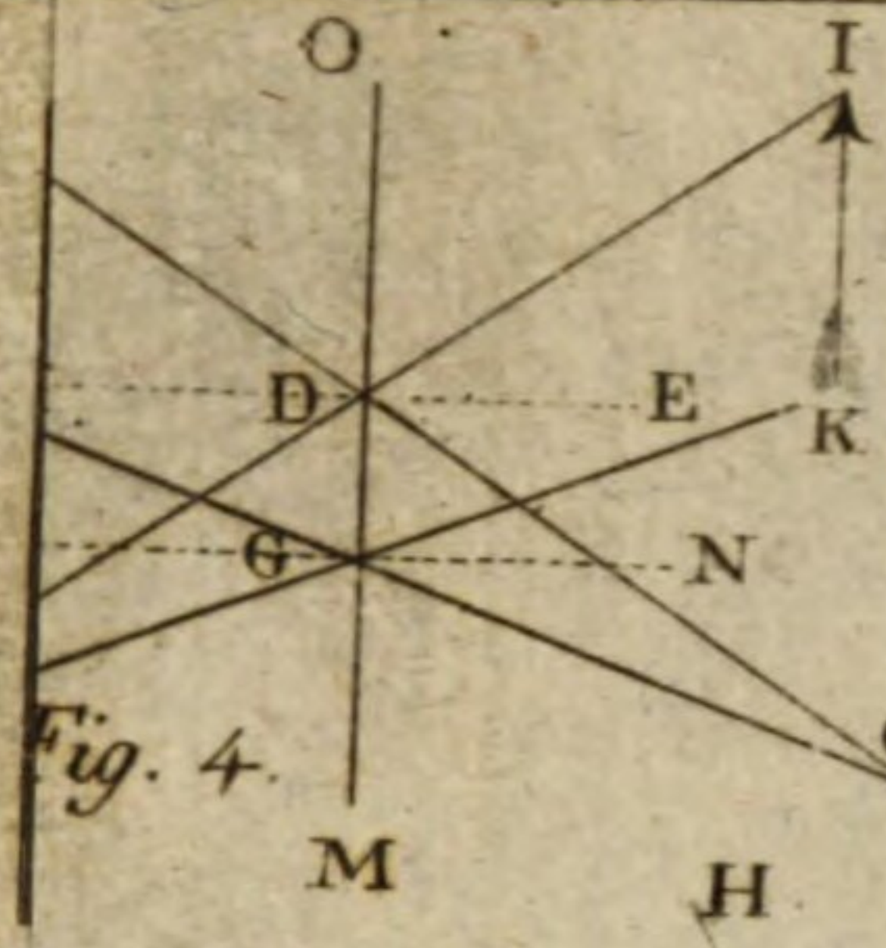


Fig. 4.

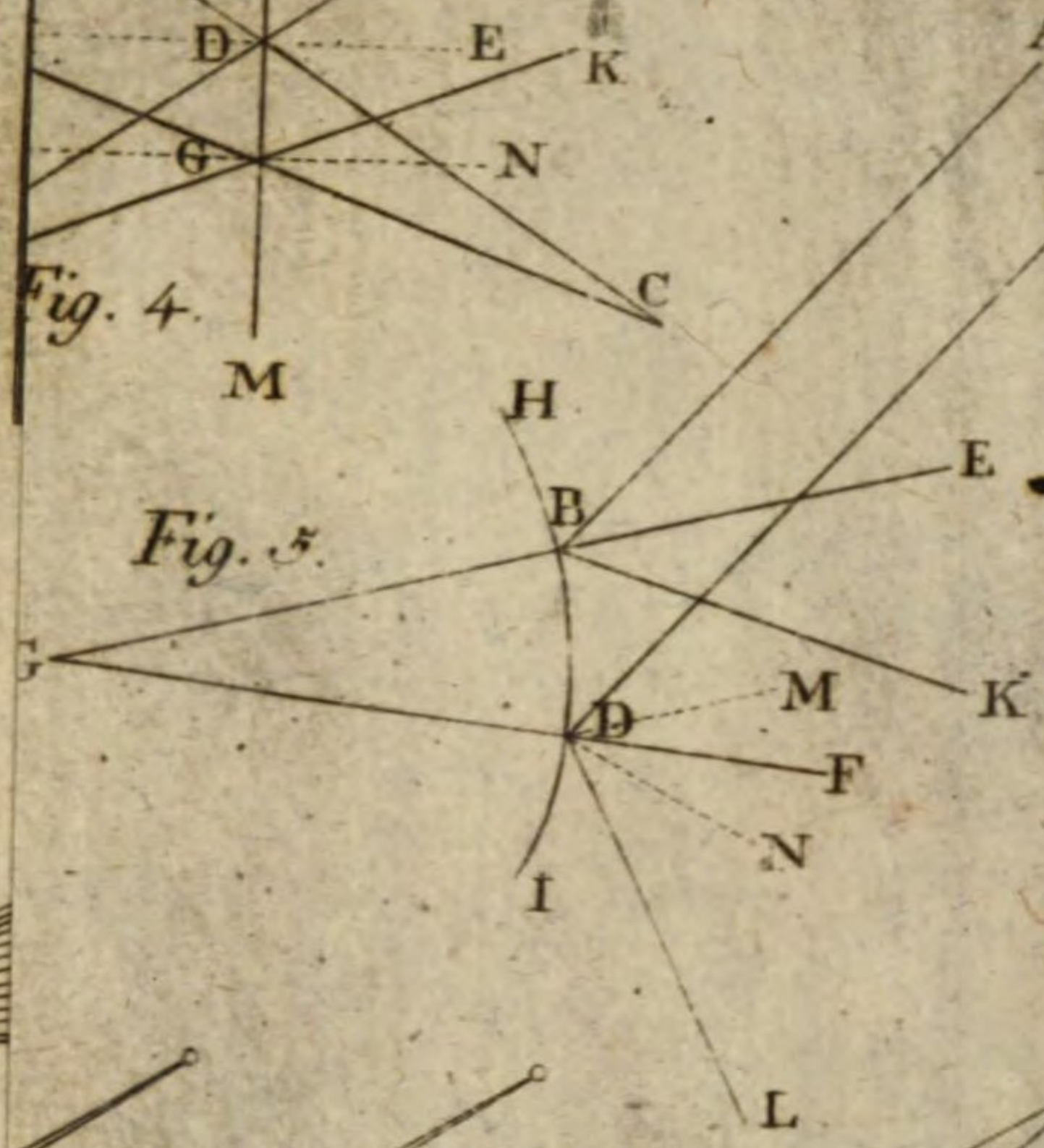


Fig. 5.

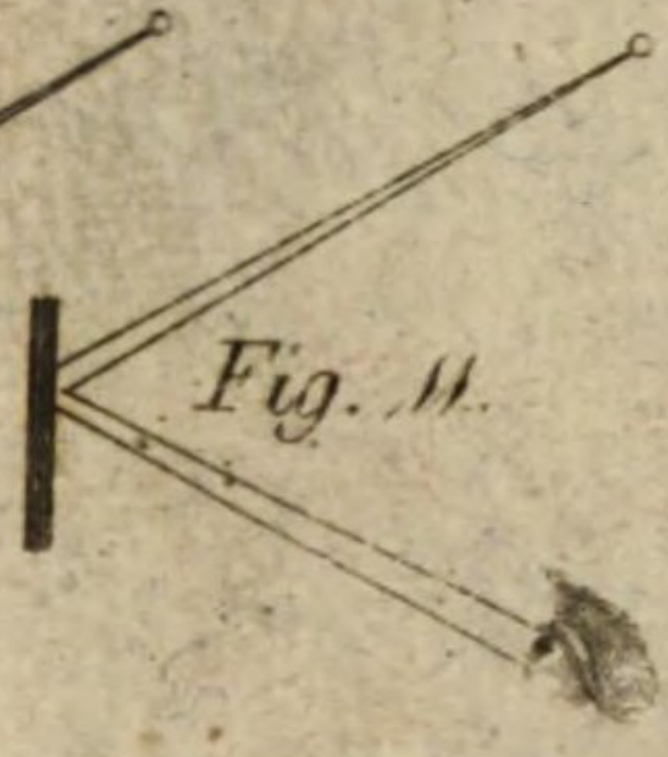


Fig. 11.

Fig. 12.

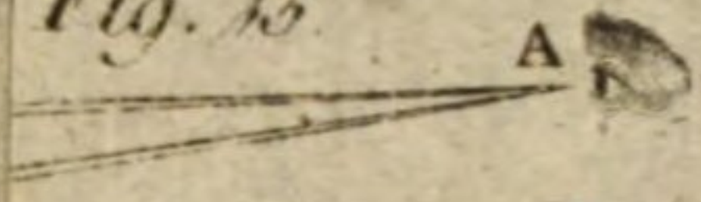


Fig. 15.

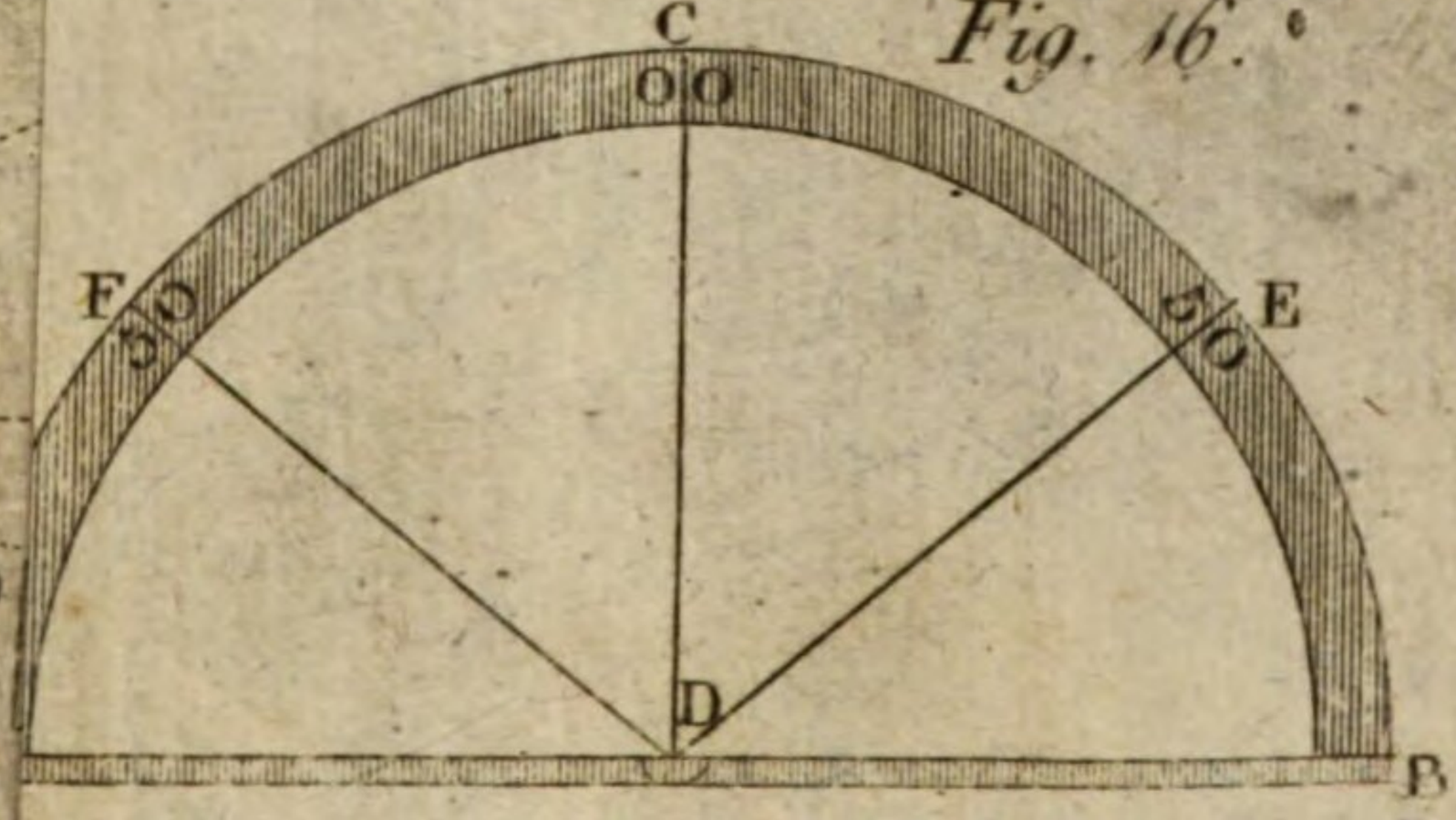


Fig. 16.

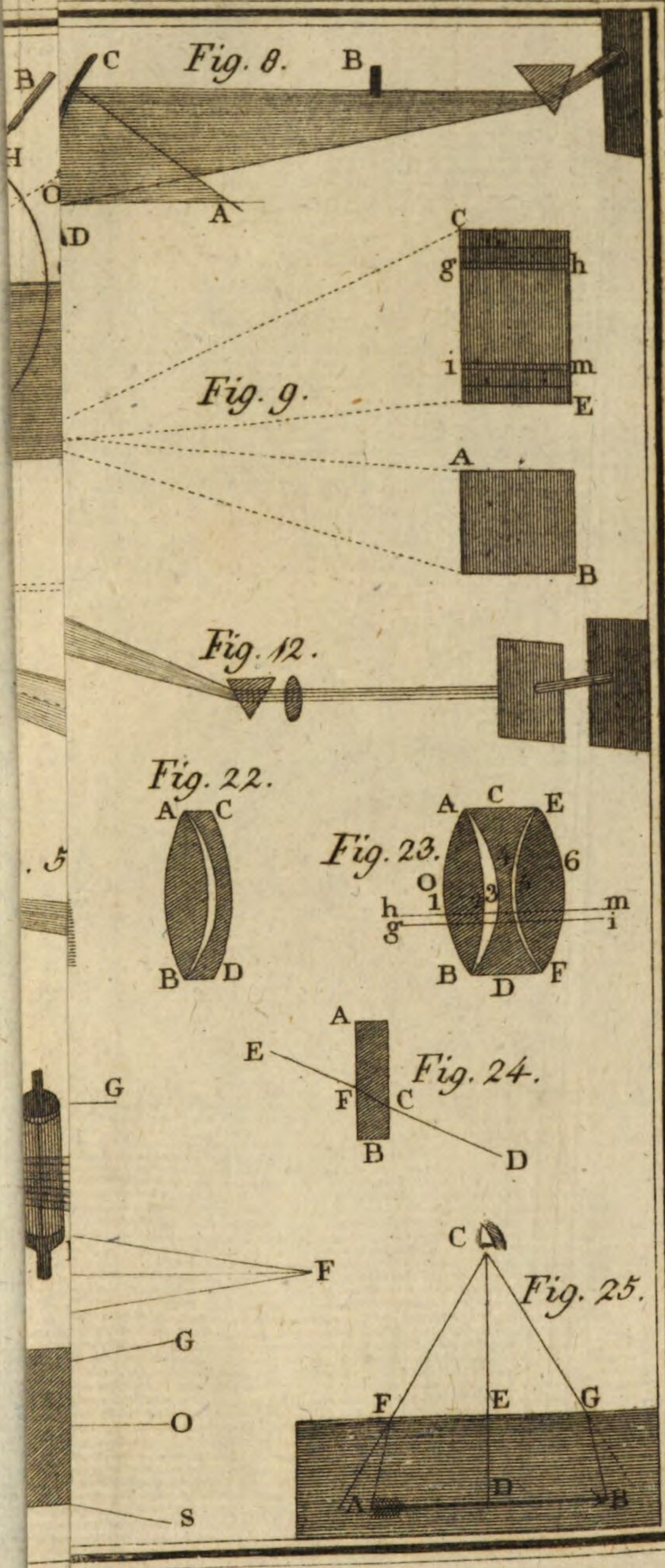


Fig. 8.
C
B
B
H
C
A
D
Fig. 9.
C
g
h
i
m
E
A
B
Fig. 12.
Fig. 22.
A
C
B
D
Fig. 23.
A
C
E
6
O
1
2
h
g
m
i
B
D
F
A
E
F
C
B
D
Fig. 24.
G
F
G
O
S
C
Fig. 25.
F
E
G
D
A
B

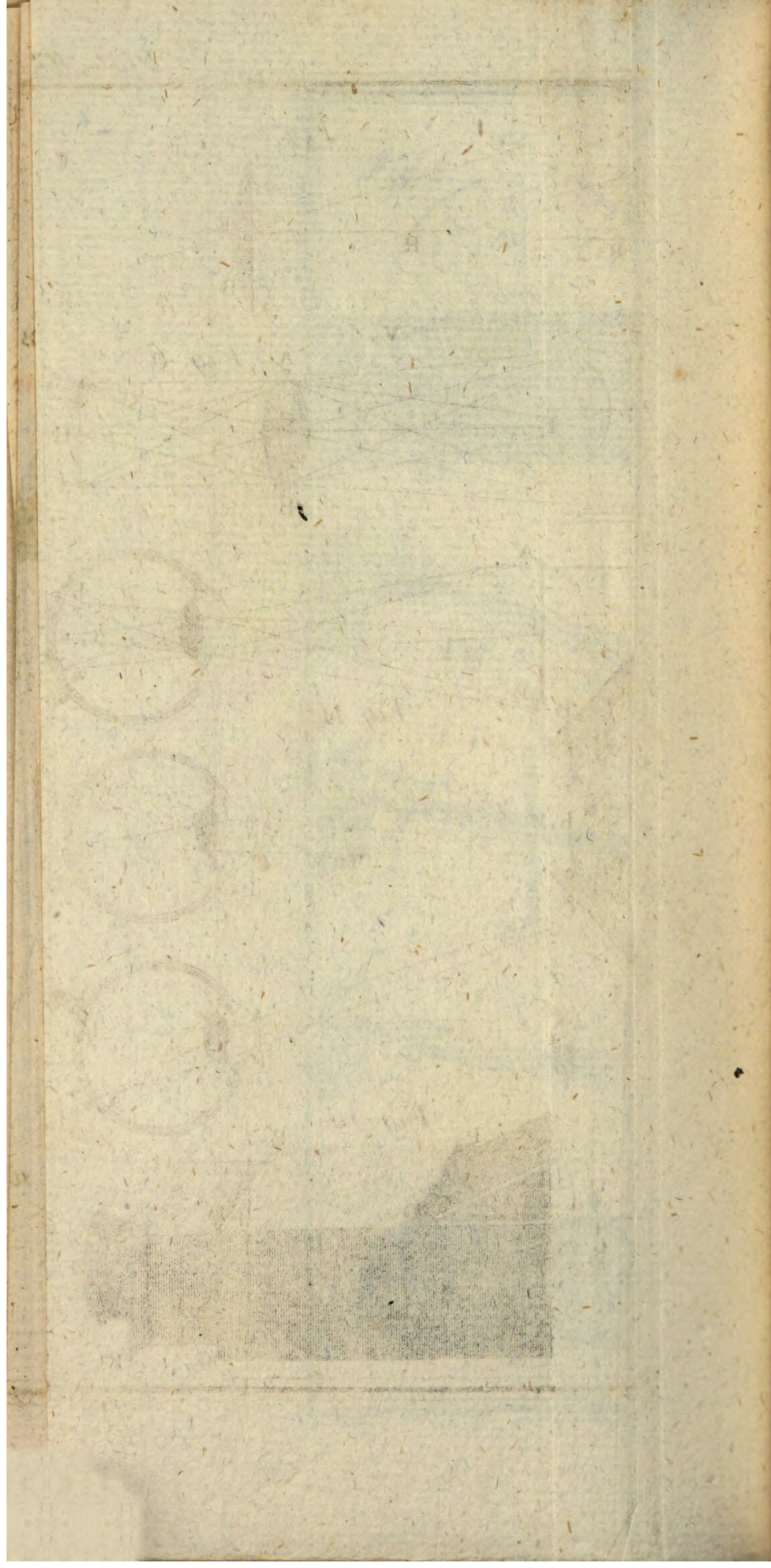


Fig. 3.

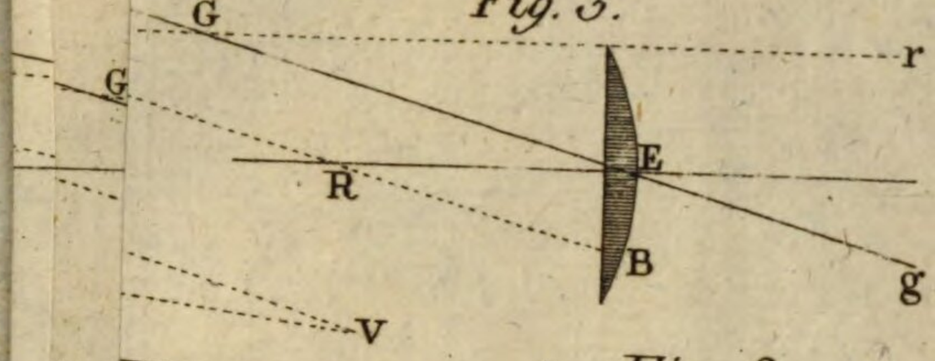
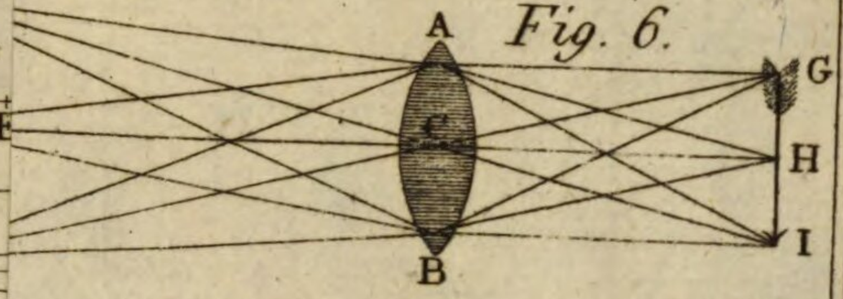


Fig. 6.



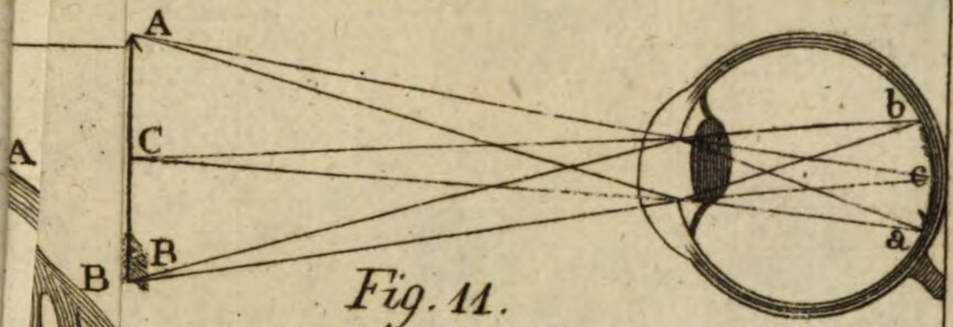
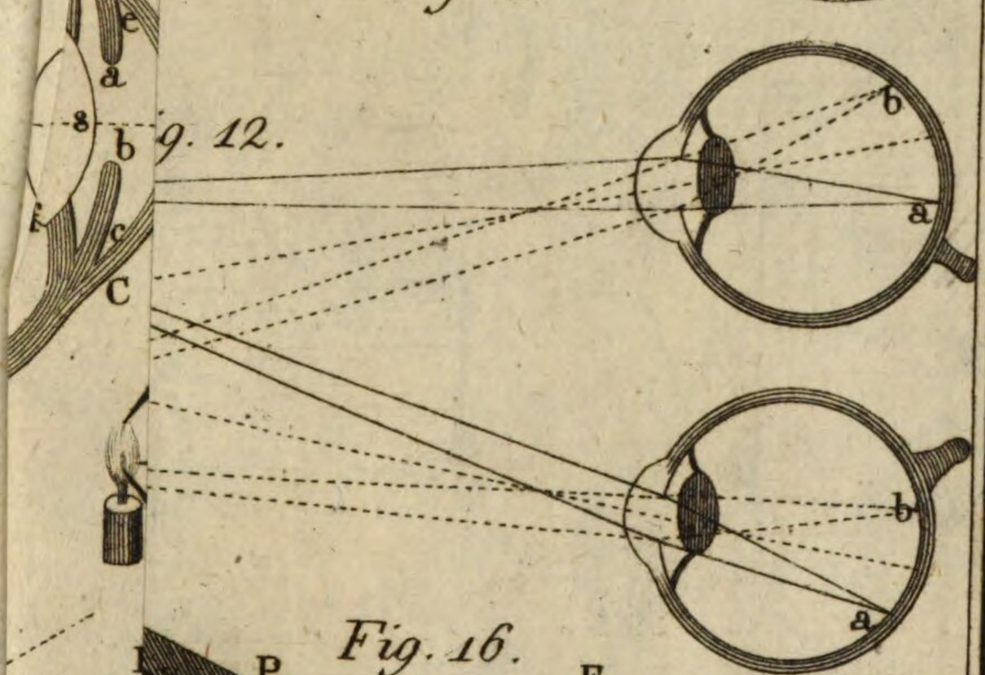
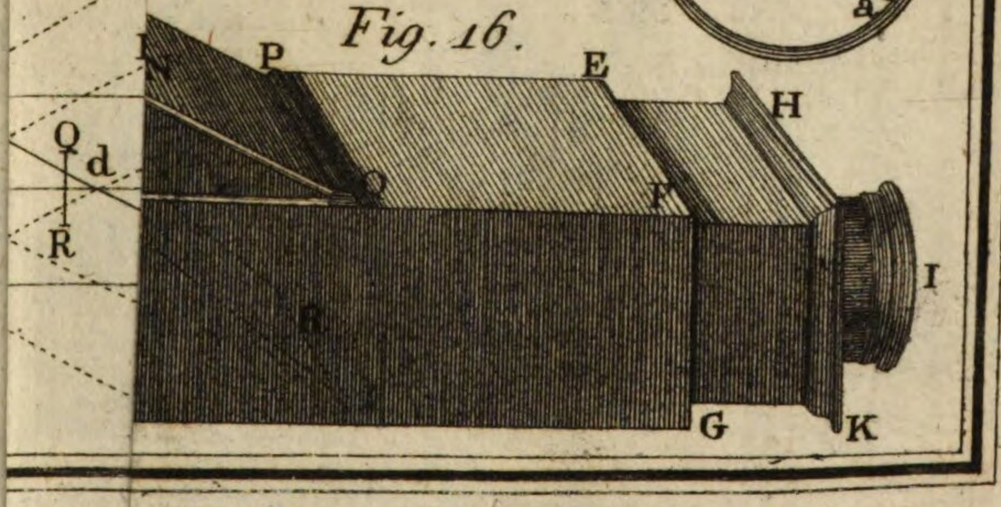


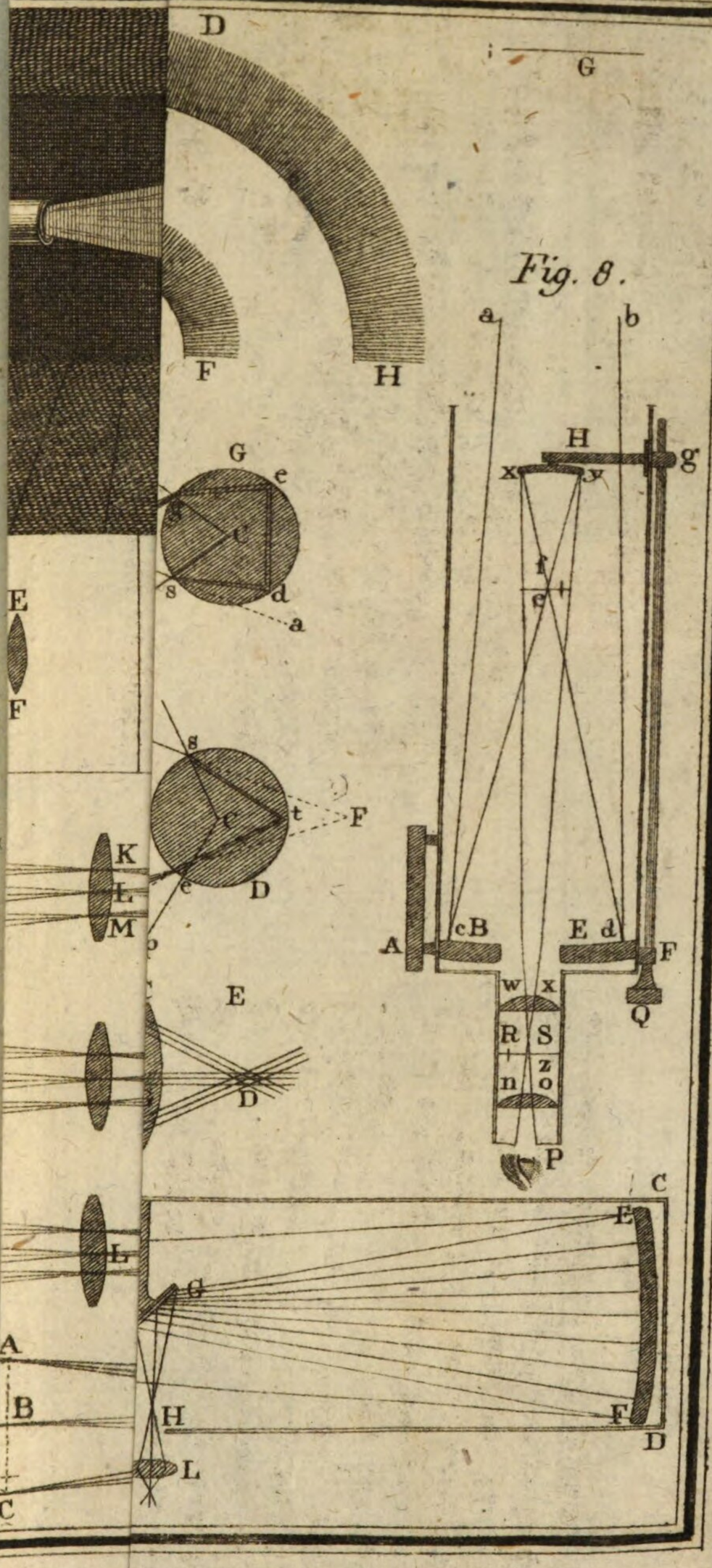
Fig. 11.



9. 12.

Fig. 16.




D
G
F
H
Fig. 8.
a
b
H
g
x
y
f
e
t
G
e
C
s
d
a
E
F
s
C
t
F
K
L
M
e
D
E
D
L
G
A
B
H
L
C
E
F
D
C
A
cB
E d
F
w
x
R
S
n
z
o
Q
P

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Cavallo, Tiberius,

Tiberius Cavallo's ausführliches Handbuch der Experimental-Naturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen

Bd.: 3

Erfurt (1805)

Phys.g. 65-3/4
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130891-8